This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

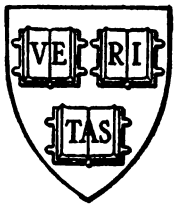
HS 11IC Y

BIOL
3370
N13

Digitized by Google

TRANSFERRED TO
DEC 1999
CABOT SCIENCE LIBRARY

HARVARD UNIVERSITY



LIBRARY OF THE
BIOLOGICAL LABORATORIES

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Beiträge

zur

Wissenschaftlichen Botanik

von

Carl Nägeli,

Prof. in München.

Erstes Heft.

Das Wachsthum des Stammes und der Wurzel bei den Gefässpflanzen und die Anordnung der Gefässstränge im Stengel.

Mit 19 lithographirten Tafeln.

Leipzig,

Verlag von Wilhelm Engelmann.

1858.

Digitized by Google

B7 H-2
B7 Be

1872, June 18.

$2.56.

BIOLOGICAL LABORATORIES LIBRARY
HARVARD UNIVERSITY

Digitized by Google

Boston Society of Natural History.

From G. Goodale,

Received Jan. 26, 1875.

INHALT.

	Pag.
Ueber das Wachsthum des Stammes und der Wurzel bei den Gefässpflanzen	1
Verschiedene Arten des Bildungs- und Dauergewebes. Meristem, Cambium, Gefässbündel	2
Ausscheidung und weiteres Verhalten des Cambiums. Verschiedenes Wachsthum der Fibrovasalmassen	6
Wachsthumstypen perennirender Stengeltheile	11
I. Dicotyledonentypus mit unbegrenztem Cambiumring, ohne begrenzte Gefässstränge	—
II. Ebenso, mit zerstreuten, begrenzten Strängen im Mark	14
III. Dicotyledonentypus mit successiven begrenzten Cambiumringen in der Epenrinde (Phytolacca)	—
IV. Ebenso, in der Protenrinde (Cocculus)	16
V. Monocotyledonentypus mit begrenzter Bildung von Gefässsträngen (Chamaedorea)	19
VI. Monocotyledonentypus mit unbegrenzter Bildung von Gefässsträngen (Calodracon)	21
Dickenwachsthum der Wurzeln	23
Wurzeln der Dicotyledonen	—
Brassica. Raphanus	25
Phytolacca dioica Lin.	26
Cocculus laurifolius DC.	28
Wurzeln der Monocotyledonen	—
Pandanus odoratissimus Lin. fil.	30
Längenwachsthum der Fibrovasalmassen	31
in den Wurzeln	—
in den Stengeln	35
Gemeinsame, stammeigene und blatteigene Stränge	—
Längenwachsthum der gemeinsamen Stränge und Bau derselben	36
Abweichendes Verhalten bei einigen Pflanzen (Haloragcen, Marsileaceen)	38
Von der Beziehung zwischen der Anordnung der Gefässstränge im Stengel und der Blattstellung	39
Verschiedenheit der Blattstellung im entwickelten Zustande, in der Knospe und bei der ursprünglichen Anlegung	40
Die Anordnung der Stränge weicht mehr oder weniger von jeder Blattstellung ab	42
Iberis amara Lin.	44

Digitized by Google

Pag.

Verschiedenes Verhalten der Blattspurstränge im Stengel. Verschränkungen und Vereinigungen derselben 46
Tangentialer und radialer Verlauf derselben 47
Spezielle Aufzählung der Typen des Strangverlaufs 51
Wurzeln 52
Stengel. Psilotum triquetrum Sw. . . . . —
Lycopodium clavatum Lin. und L. Selago Lin. 53
Selaginella hortensis Mett. . . . . —
Marsilea quadrifolia Lin. 54
Pilularia globulifera Lin. 55
Hippuris. Myriophyllum 56
Callitriche vernalis Kütz 57
Equisetum arvense Lin. . . . . —
Coniferen 58
1. Blätter schraubenständig. Blattspur 1strängig . . . . . —
Pinus sylvestris Lin. . . . . —
Abies pectinata DC. 59
2. Blätter schraubenständig. Blattspur 2strängig, nach unten 1strängig . . . . . —
Salisburia adiantifolia Sm. . . . . —
3. Blätter opponirt oder quirlständig. Blattspur 1strängig 60
Thuja occidentalis Lin. und Biota orientalis Endl. . . . . —
Juniperus communis Lin. . . . . —
Cupressus pendula Thunb. . . . . —
4. Blätter gegenständig. Blattspur 2strängig 61
Ephedra vulgaris Rich. . . . . —
Dicotyledonen. Stränge der Samenlappen . . . . . —
Dicotyledonen. Stränge der Laubregion mit radialsenkrechtem Verlauf 63
1. Blätter schraubenständig. Blattspur 1strängig . . . . . —
Iberis amara Lin. . . . . —
Jasminum fruticans Lin. 64
Sarothamnus scoparius Koch . . . . . —
2. Blätter schraubenständig. Blattspur mehrsträngig, höchstens mit der 5. verschränktläufig . . . . . —
Lepidium sativum Lin. 65
Impatiens Balsamina Lin. . . . . —
Scopolina atropoides Schult. . . . . —
3. Blätter schraubenständig. Blattspur 5strängig, mit der 3. und 5. verschränktläufig 68
Cocculus laurifolius DC. . . . . —
4. Blätter schraubenständig. Blattspur 3strängig, mit der 2. und 3. verschränktläufig 69
Menispermum dauricum DC. . . . . —
Ribes rubrum Lin. 70
Prunus avium Lin. 71
Erythrina cristagalli Lin. . . . . —
Lupinus Lehmanni Hort. und L. luteus Lin. . . . . —
5. Blätter schraubenständig. Blattspur 3strängig, mit der 1. und 2. verschränktläufig 73
Passiflora Vespertilio Lin. . . . . —
Viola elatior Fries 75
Tropaeolum majus Lin. 76
Cucumis sativus Lin. 77
6. Blätter schraubenständig. Blattspur 7strängig; alle Stränge mit denen der nächsten Spur sich verschränkend . . . . . —
Saururus cernuus Lin. . . . . —

Digitized by Google

Pag.
7. Blätter schraubenständig. Blattspur 8strängig, am Rande vereintläufig 79
Liriodendron tulipiferum Lin. . . . . —
8. Blätter alternirend-zweizeilig. Blattspur 3strängig, nur mit den Spuren der gleichen Zeile verschränktläufig 80
Hertia crassifolia Less. . . . . —
9. Blätter alternirend-zweizeilig; Zeilen auch in der Terminalknospe genau opponirt. Blattspur 3strängig, mit den Spuren beider Zeilen verschränktläufig . . . . . —
Aristolochia Clematitis Lin. . . . . —
Aristolochia Gigas Lindl. 81
Aristolochia Sipho Lin. 82
10. Blätter alternirend-zweizeilig; Zeilen in der Terminalknospe einseitig-genähert. Blattspur 3strängig, mit den Spuren beider Zeilen verschränktläufig . . . . . —
Medicago sativa Lin. 83
Lathyrus Nissolia Lin. 85
Lathyrus Aphaca Lin. und L. Pseudaphaca Boiss. 86
Lathyrus odoratus Lin. 87
Lathyrus purpureus Desf. 88
11. Blätter alternirend-zweizeilig. Blattspur meist 5strängig; die Lateralstränge zweier successiver Blätter nicht vollständig-verschränkt . . . . . —
Vitis vinifera Lin. . . . . —
Ampelopsis hederacea DC. 90
12. Blätter alternirend-zweizeilig. Blattspur meist 5strängig; die Lateralstränge zweier successiver Blätter vollständig-verschränkt 91
Phaseolus vulgaris Lin. und Ph. multiflorus Lam. . . . . —
13. Blätter alternirend-zweizeilig; Zeilen einseitig-genähert. Blattspur 7—9strängig; alle Stränge zweier successiver Blätter verschränkt. 92
Platanus occidentalis Lin. . . . . —
14. Blätter alternirend-zweizeilig. Blattspur 10—13strängig; alle Stränge zweier successiver Blätter verschränkt 93
Menyanthes trifoliata Lin. . . . . —
15. Blätter opponirt. Spuren 1strängig 95
Fraxinus excelsior Lin. . . . . —
Vinca minor Lin. und V. major Lin. 96
Apocynum hypericifolium Ait. . . . . —
Phlox Spec. . . . . —
Veronica incisa Ait. . . . . —
Calluna vulgaris Sal. . . . . —
Hypericum quadrangulum Lin. und Androsaemum officinale All. . . . . —
Evonymus europaeus Lin. 97
Alsine laricifolia Wahlenb. . . . . —
Dianthus plumarius Lin. . . . . —
Spergula arvensis Lin. . . . . —
Cerastium frigidum Biebrst. und C. triviale Lin. 98
Galium Mollugo Lin. G. purpureum Lin. G. rubioides Lin. Rubia tinctorum Lin. 100
16. Blätter quirlständig. Spuren 1strängig 102
Trevirania longiflora Reg. Var. ilicifolia . . . . . —
Russelia juncea Zuccar. . . . . —
17. Blätter gegenständig. Spuren 3- oder 4strängig, mit denen des erstuntern Paars vom zweituntern Knoten an vereintläufig (nicht verschränkt) 105
Antirrhinum majus Lin. . . . . —
Ruellia maculata Wall. 106
Bignonia serratifolia Vahl. . . . . —
Tecoma radicans Juss. 107

Digitized by Google

Pag.

18. Blätter gegenständig. Spuren 2strängig, nicht verschränkt 108
Stachys angustifolia Biebrst. . . . . —
Satureia variegata Host. . . . . —
Anagallis arvensis Lin. 109
19. Blätter gegenständig. Spuren 3strängig; die Lateralstränge mit denen des nächsten Paars verschränkt 110
Clematis Viticella Lin. und C. Vitalba Lin. . . . . —
Urtica Dodartii Lin. 111
Lonicera Spec. 112
Acer Pseudoplatanus Lin. . . . . —
Philadelphus coronarius Lin. 113
Tagetes lucida Cav. . . . . —
Tagetes signata Bartl. . . . . —
Humulus Lupulus Lin. 114
Centranthus ruber DC. 115
Aesculus macrostachya Michx. . . . . —
Euphorbia Lathyris Lin. . . . . —
20. Blätter gegenständig. Spuren 3strängig; die Lateralstränge des nämlichen Paars von Anfang an vereintläufig 116
Mercurialis annua Lin. und M. perennis Lin. . . . . —
21. Blätter gegenständig. Spuren 5strängig; die zweitseitlichen Stränge des nämlichen Paars von Anfang an vereintläufig 117
Sambucus nigra Lin. . . . . —

Dicotyledonen. Stränge der Laubregion mit radialschiefem Verlauf 118
1. Blattspur 3strängig. Die Lateralstränge radialsenkrecht; die Medianstränge einen Bogen durch das Mark beschreibend . . . . . —
Phytolacca dioica Lin. . . . . —
2. 3 Stränge der Blattspur in das Mark eintretend und einen innern Kreis bildend . 119
Pisonia hirtella H. B. . . . . —
Boerhavia scandens Lin. 120
Bugenvillea spectabilis Willd. . . . . —
3. Der Medianstrang einzelner Blätter oder ein Theil desselben in das Mark eintretend und einen centralen Strang bildend. 121
Nymphaea alba Lin. . . . . —

Monocotyledonen 122
Dioscorea Batatas Dcne. 123
Tamus communis Lin. 124
Chamaedorea elatior Mart. 129
Cordyline congesta Steud. 134
Calodracon Jacquini Göpp. . . . . —

Erklärung der Tafeln. 136

Berichtigung 156

Digitized by Google

Ueber das Wachsthum des Stammes und der Wurzel bei den Gefässpflanzen.

Die Gefässstränge gewähren dem Pflanzenphysiologen ein besonderes Interesse. Sie sind es, welche die Leitung der Säfte übernehmen, welche die Wurzelbildung bedingen, welche das Dickenwachsthum unserer Bäume vermitteln, in denselben oft schon nach wenigen Jahren das einzige lebenskräftige Gewebe liefern, und in den todten Zustand übergehend, das Holz bilden. Es hat daher dieser Gegenstand zu allen Zeiten vorzugsweise die Aufmerksamkeit der Botaniker auf sich gezogen, und die an denselben sich knüpfenden, mehr oder weniger allgemeinen Fragen haben fortwährend die wissenschaftliche Welt bewegt.

Die Anregung zu den Untersuchungen, deren Resultate ich hier mittheile, wurde durch einige Beobachtungen gegeben, die ich über das Wachsthum des Gefässstammes im Jahr 1847 (Zeitschrift f. wiss. Bot. Heft III. u. IV.) veröffentlichte. Ich hatte damals schon theils eine grosse Regelmässigkeit in dem Verlauf der Gefässstränge, theils merkwürdige Abweichungen der Blüthenregion von der Laubregion zu bemerken geglaubt. Die folgenden Jahre lieferten indess nur einzelne Beiträge; und erst im Jahr 1853 wurden diese Untersuchungen wieder mit mehr Musse aufgenommen, und mit wenigen Unterbrechungen bis auf die neueste Zeit fortgesetzt, wobei ich mich in den Jahren 1854 und 1855 der Unterstützung von Hr. Dr. Wartmann, 1857 von Hr. Dr. Schwendener erfreute. Zuerst handelte es sich um die Anordnung der Gefässstränge in den Laubsprossen, wobei immer mit ihrem ersten Auftreten in der Terminalknospe begonnen wurde. Diess führte auf ihre Entstehung und ihr Wachsthum, — auf das Dickenwachsthum des Stammes, — beim Studium der keimenden Pflanze auf den Verlauf und die Anlegung der Gefässstränge in der Wurzel. Ich gebe für einmal nur eine Uebersicht der bis jetzt gewonnenen Resultate, indem ich die ausführlicheren Mittheilungen, so wie eine grössere Auswahl von Abbildungen, für später versparen muss*).

*) Auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Bonn (Sept. 1857) theilte ich der botanischen Section die Ergebnisse der Untersuchungen über den Verlauf der Gefässstränge mit. Der Bericht darüber in der bot. Zeitung und in der Flora enthält einige Unrichtigkeiten, wie das wohl begreiflich ist nach einmaligem Anhören eines Vortrages, der einen umfangreichen Gegenstand in sehr kurzbemessener Zeit bewältigen und sich daher meist mit Andeutungen behelfen muss.

Digitized by Google

Die Organe der höhern Pflanzen bestehen anfänglich aus einem Gewebe, dessen Zellen in Vermehrung begriffen sind, indem sie sich wiederholt theilen. Dann hört die Zellenbildung in einzelnen Partien auf, während sie in andern fortdauert. Wir haben sonach zweierlei Gewebe. Das Erstere wird gewöhnlich als Bildungsgewebe bezeichnet; man könnte es, um seine Natur genauer auszudrücken, auch Theilungsgewebe nennen. Das Zweite, dessen Zellen ich früher als Dauerzellen unterschieden habe, ist sonach Dauergewebe, und ich will mich dieses Ausdruckes bedienen, obgleich er vielleicht passender den Gegensatz zu transitorischem Gewebe bilden, und für das fertige, sich nicht mehr verändernde Gewebe durch Standgewebe ersetzt würde.

Mit Rücksicht auf die Form zeigen die vegetativen Zellen eine Hauptverschiedenheit, an welche sich auch wichtige Differenzen in der Function knüpfen. Die Parenchymzellen sind meist isodiametrisch, zuweilen auch tafelförmig; die Prosenchymzellen dagegen sind in die Länge gezogen und oft vielmal länger als breit. Es giebt Uebergangsformen zwischen denselben. Indessen erkennt man die beiden Zellenarten, wenn sie einander ähnlich werden, noch lange daran, dass die sich in die Länge streckenden Parenchymzellen weiter sind und gerade Endflächen besitzen, während die sich verkürzenden Prosenchymzellen enger sind und geschärfte oder schiefe Enden zeigen. Mit dem letztern Charakter muss übrigens grosse Vorsicht geübt werden. Es giebt in den unterirdischen Theilen Holz, welches auf dem radialen Längsschnitt ganz wie verlängertes Parenchym aussieht, indem seine Zellen eine rechteckige Gestalt besitzen; der tangentiale Längsschnitt dagegen zeigt alle Zellen spindelförmig, und thut dadurch ihre Prosenchymnatur dar. Bei diesen Zellen laufen die Enden in eine scharfe Kante aus, während sie bei andern zugespitzt sind. — Zu dem Prosenchym im weitern Sinne können wir auch die Gefässe zählen.

Wie an dem Gewebe überhaupt zwei Formen zu unterscheiden sind, so giebt es auch hauptsächlich zwei Arten von Theilungsgewebe. Das Eine ist dasjenige, woraus anfänglich das ganze Organ besteht, und das auch oft noch späterhin, zuweilen zeitlebens thätig ist; ich will es Meristem nennen. Das Andere trägt seit längerer Zeit den Namen Cambium. Man hat zwar in neuerer Zeit (Schleiden, Schacht etc.) alles Bildungsgewebe Cambium geheissen. Für diese Verallgemeinerung des Begriffes liegt indess kein Grund vor, und sie würde nur dahin führen, dass man wieder verschiedene Arten von Cambium unterscheiden und zunächst diejenige als besondere Art abtrennen müsste, welche früher als Cambium schlechthin bezeichnet wurde.

Meristem und Cambium sind verschieden mit Rücksicht auf die Form und das Wachsthum der Zellen, die Theilungsrichtung und die Natur des aus ihnen hervorgehenden Dauergewebes. Die Cambiumzellen sind verlängert und haben, wie ich später zeigen werde, das Bestreben in der Richtung ihrer Achse (des langen Durchmessers) noch mehr in die Länge zu wachsen; sie schieben daher ihre Enden in einander und werden keilförmig oder spitz. Sie theilen sich vorzugsweise durch Wände, die mit ihrer Achse parallel sind; aus ihnen entsteht

Digitized by Google

das Holz und der Bast. Die Meristemzellen sind parenchymatisch. Sie haben die Neigung sich eher durch Wände zu theilen, die ihren längsten Durchmesser halbiren. Ein selbständiges Wachsthum in einer bestimmten Richtung mangelt ihnen, und wenn das aus ihnen hervorgehende Parenchym zuweilen in der Achsenrichtung eines Stammtheiles verlängert ist, so rührt das daher, dass, nachdem die Theilung aufgehört hat, das ganze Organ noch vorzugsweise in die Länge gewachsen ist, — eine Erscheinung, die ich vorzugsweise auf Rechnung des vorhin erwähnten Wachsthums vom Cambium und jungen Prosenchym setzen möchte.

Unter dem Meristem giebt es selbst wieder nicht unbeträchtliche Verschiedenheiten. In dem einen Gewebe findet, verbunden mit allseitigem Wachsthum, die Theilung in allen Richtungen statt; in einem andern wechselt sie in den Richtungen einer Ebene; und in einem dritten sind die sich bildenden Scheidewände alle parallel, indem sie nur dazu dienen, dem einseitigen Wachsthum des Organs das Gleichgewicht zu halten. — In dem einen Gewebe folgen die Theilungen rasch auf einander; die Zellen sind dünnwandig, polyëdrisch, ohne Intercellularräume, mit unausgebildetem Inhalte. In einem andern Gewebe wiederholen sich die Theilungen nur nach längern Zwischenräumen; die Zellen sind ausgebildet, mit dickern Wandungen, mit Intercellularräumen, mit Chlorophyll, Stärke, Oel, Krystallen im Inhalte. Ich will sie als Jung- und Altmeristem unterscheiden. — Die Meristemgewebe sind endlich verschieden nach dem Product, das sie liefern. So zeichnen sich besonders das Markstrahlen- oder einfach Strahlenmeristem und das Korkmeristem aus; Letzteres will ich Phellogen nennen.

Die Unterscheidung dieser verschiedenen Arten von Theilungsgewebe ist um so nothwendiger, als wir sie zuweilen in dem nämlichen Organ gleichzeitig neben einander finden. So bestehen die jungen Theile aller Gefässpflanzen aus Meristem und Cambium; die Stämme und Wurzeln vieler Dicotyledonen haben einen Cambium- und einen Phellogenring; Stämme und Wurzeln von Phytolacca, Cocculus etc. besitzen einen Cambium-, einen Meristem- und einen Phellogenring.

Die Organe bestehen anfänglich ganz, und wenn das Wachsthum längere Zeit an einem Punkte fortdauert, wie diess bei Stengeln und Wurzeln der Fall ist, an diesem Punkte d. h. am Scheitel fortwährend aus Meristem, welches als Urmeristem bezeichnet, und von den Folgemeristemen unterschieden werden kann. In dem Urmeristem sind noch alle Gewebe vereinigt. Es ist selber ohne Zweifel nie vollkommen gleichartig; in einzelnen Fällen wenigstens gliedert es sich deutlich in peripherische und intercalare Theilung, welche beide nach eigenen Gesetzen vor sich gehen.

Aus dem Urmeristem scheidet sich bei den Gefässpflanzen zunächst das Cambium aus. Das Letztere befindet sich ohne Ausnahme im Innern, rings umschlossen von Folgemeristem, und berührt nirgends die Oberfläche. In der Richtung, in welcher seine Zellen verlängert sind, ist es immer auch als ganzes Gewebe in die Länge gezogen, und bildet entweder eine in der Achse des cylindrischen Organs verlaufende Masse von mehr oder weniger kreisförmigem Querschnitt

Digitized by Google

(Cambiumcylinder), oder extraaxile Fäden von verschiedenem Querschnitt (Cambiumstränge), oder einen die Achse concentrisch umschliessenden Mantel von kreisförmigem oder zusammengedrücktem Querschnitt (Cambiummantel, Cambiumring).

Aus dem Meristem, soweit dasselbe nicht zur Cambiumbildung verwendet wird, geht grösstentheils Parenchym, seltener auch Prosenchym hervor. Aus dem Cambium entsteht zum grössern Theil Prosenchym, zum geringern Parenchym. In dem ausgebildeten Zustand kann daher sehr häufig der Ursprung der Gewebe nicht mehr erkannt werden; die Unterscheidung ist dann nur durch die Entwicklungsgeschichte möglich. Diese Unterscheidung ist aber für die Morphologie der Gewebe von grosser Wichtigkeit. Ich will daher das Urmeristem und alle Partien des Gewebes, die unmittelbar von demselben (d. h. bloss durch Vermittelung von Folgemeristem, nicht aber von Cambium) herkommen, Protenchym, das Cambium hingegen und Alles, was direct oder indirect davon abstammt, Epenchym nennen, oder um kürzere Bezeichnungen zu haben Proten und Epen. Das Mark und die ausserhalb des Bastes befindliche Rinde bei den Dicotyledonenbäumen, alles Parenchym der Palmen, der Blätter etc., das Gewebe zwischen den Holzringen der Menispermaceen ist Protenparenchym. Die Rinde innerhalb des Bastes, das Gewebe, woraus die Hauptmasse des Rettigs, der weissen Rübe etc. besteht, das Parenchym zwischen den Holzringen von Phytolacca ist Epenparenchym. Die langgestreckten Zellen der Moose, Flechten, Pilze, Florideen, Fucoideen, im Collenchym der Phanerogamen etc. gehören dem Protenprosenchym an, insofern sie nicht langgestrecktes Parenchym sind.

Das Epenprosenchym bildet, wie das erzeugende Cambium, bald einen centralen Cylinder, bald Stränge, bald einen Mantel oder Ring. Es besteht aus Gefässen, Holz, Splint, Bast, Weichbast, und einem eigenthümlichen Gewebe, das ich Cambiform nennen will. Dieses ist das letzte Product des Cambiums, hat mit demselben die grösste Aehnlichkeit und unterscheidet sich fast nur dadurch, dass die Theilung aufgehört hat. Dieses erloschene Cambium wurde von Mohl als Vasa propria bezeichnet, später als Gitterzellen erklärt, und ist von Andern auch Cambium genannt worden. Es ist aber kein Bildungs- sondern ein Dauergewebe. — Die Holz-, Splint-, Bast- und Cambiformzellen werden häufig auch Fasern genannt. Man kann daher die Prosenchymmassen, je nachdem sie aus Gefässen, aus Fasern oder aus beiden bestehen, im Allgemeinen passend als Vasal-, Fibral- und Fibrovasal-Massen (Stränge, Cylinder, Mäntel oder Ringe) unterscheiden, abgesehen von der speciellern Bezeichnung als Bast-, Holz-, Splint- und Cambiform-Massen.

Man hat in neuerer Zeit fast alle der genannten Erscheinungen auf den Begriff des Gefässbündels zurückzuführen versucht. Der Name ist jedenfalls nicht glücklich gewählt, weil die Form des Bündels nicht immer vorhanden ist, und weil die Gefässe zuweilen ganz mangeln. Wollte man von dieser Incongruenz absehen, so wäre der Begriff des Gefässbündels zu bestimmen. Nach Schleiden ist dasselbe ein Strang von langgestreckten Zellen und kommt auch bei Moosen

Digitized by Google

vor. Geben wir ihm diese Ausdehnung, so wäre kein Grund vorhanden, die Gefässbündel nicht auch bei Flechten, Pilzen, Florideen, Fucoideen anzunehmen, und sie überhaupt als synonym mit Prosenchymmassen zu erklären. Wollen wir aber an dem Gefässbündel als einer eigenthümlichen Erscheinung festhalten, so muss es den Gefässpflanzen reservirt und sein Begriff aus einigen Eigenschaften abgeleitet werden, welche zwar nicht immer, doch in den meisten Fällen vorhanden sind, namentlich aus der Eigenschaft, sich durch Cambium fortzubilden und Gefässe zu besitzen. Dafür scheint auch der Umstand zu sprechen, dass alle Gefässpflanzen ohne Ausnahme ächte Wurzeln haben, welche an den Gefässbündeln ihren Ursprung nehmen, und in ihrem Wachsthum selbst an dieselben erinnern. Schleiden sagt zwar von Ceratophyllum, welches Gefässbündel ohne Gefässe besitzt, es bleibe in jeder Beziehung völlig wurzellos. Diess ist aber unrichtig; denn die untern Stengeltheile von C. demersum tragen zuweilen die schönsten halbfusslangen und längern Wurzeln, welche zu 1 — 3 an einem Knoten befestigt sind und mehrere Seitenwurzeln bilden. Dagegen haben unter den Phanerogamen Lemna arrhiza und L. hyalina keine Gefässbündel und keine Wurzeln.

Der Name Gefässbündel dürfte wohl ganz entbehrlich sein. Da aber eine einmal eingebürgerte Bezeichnung nicht leicht aufgegeben wird, so muss sie doch auf die gefässführenden Strangbildungen beschränkt werden. Das Gewebe der Gefässbündel in ihrer allgemeinsten Bedeutung, von der eben gesprochen wurde, wird durch Epenprosenchym bezeichnet; denn dieser Begriff umfasst alle Prosenchymbildungen, die aus Cambium hervorgegangen sind, und hat überdem den Vorzug, dass er auch die Baststränge einschliesst. — Neben dem Bündel oder Strang müssen wir aber, wie bereits angegeben, auch den Cylinder und den Mantel oder Ring unterscheiden. Wenn man bisher nicht fast ausschliesslich die gewöhnlichen Stammtheile und Blätter, sondern auch die Entwicklungsgeschichte von Wurzeln und abweichenden Stengelbildungen berücksichtigt hätte, so könnte man unmöglich bloss von Bündel oder Strang sprechen.

Unter Gefässbündel versteht man ein Gebilde, das möglicher Weise zum geringsten Theil und fast gar nie ausschliesslich aus Gefässen besteht; dieser Ausdruck ist daher synonym mit Fibrovasalstrang. Neben demselben müssen wir aber auch Stränge unterscheiden, die bloss aus Gefässen gebildet sind; denn es kommt nicht selten vor, dass mehrere solche Stränge in einem fibrovasalen Strang, Cylinder oder Ring enthalten sind, und durch die Entwicklungsgeschichte, sowie durch ihr anatomisches Verhalten, sich als eigenthümliche Bildungen kund geben; ich habe sie, um Verwechslungen zu vermeiden, Vasalstränge genannt.

Digitized by Google

Wie entsteht das Cambium aus dem Urmeristem? Es ist diese Frage bisher wenig erörtert worden. Hanstein, nach welchem die Stammspitze aus Cambium besteht, sagt, dass einzelne Zellenstränge in cambialem Zustande verharren, während die Umgebung parenchymatisch werde. Schacht giebt eine ähnliche Darstellung; nach derselben bleibt unter dem aus Bildungsgewebe bestehenden Vegetationskegel zwischen Mark und Rinde ein Verdickungsring ebenfalls aus Bildungsgewebe thätig, und entstehen aus demselben die Gefässbündel. Nach diesen beiden Darstellungen würde es scheinen, als ob die Zellentheilung zuerst in Mark und Rinde aufhöre, und an bestimmten Stellen fortdauere, um Gefässbündel zu erzeugen. Diess wäre aber vollkommen unrichtig.

Stammspitze, Wurzelspitze und junges Blatt bestehen aus einem parenchymatischen Bildungsgewebe (Urmeristem), dessen Zellen alle ziemlich isodiametrisch und in Theilung begriffen sind. In diesem trüben, mit Protoplasma erfüllten Gewebe treten hellere Partien auf, bestehend aus verlängerten mehr hyalinen Zellen. Einzelne dieser letztern theilen sich nicht mehr und werden zu Gefässen oder auch zu Bastfasern, indess die andern sich vorzugsweise durch Längswände vermehren, und das Cambium darstellen. Das ganze übrige Gewebe bleibt aber noch einige und oft noch längere Zeit in lebhafter Vermehrung begriffen. Ich vermuthe, dass die ersten Gefässe und in vielen Fällen auch die ersten Bastzellen unmittelbar aus Urmeristemzellen hervorgehen, welche sich nicht weiter theilen und in die Länge wachsen. Es wäre indess möglich, aber nicht wahrscheinlich, dass immer zuerst eine Längstheilung vorausginge und somit das Urmeristem zuerst sich in Cambium umwandelte. Sicher ist, dass die ersten Zellen eines Gewebes, in denen die Theilung aufhört, dem Prosenchym (den Gefässbündeln) angehören, und in manchen Fällen lässt sich nachweisen, dass, nachdem die Theilung in den ersten Gefässen oder Bastzellen aufgehört hat, jede Rinden- und Markzelle noch 10, 20 und 30 in der Längsrichtung hinter einander liegende Zellen erzeugt, abgesehen von den gleichzeitigen Theilungen durch tangentiale und radiale Längswände. — Wenn aber auch die ersten Gefässe und Bastfasern unmittelbar aus dem Urmeristem entstehen, so müssen wir die Fibrovasalmassen doch schlechthin als Epenprosenchym bezeichnen, weil alle folgenden Gefässe und Baststränge aus Cambium gebildet werden, und weil auch jene ersten Dauerelemente schon das dem Cambium und dem Epenprosenchym eigenthümliche Längenwachsthum in ausgezeichneter Weise besitzen.

Das erste Stadium der aus dem Urmeristem entspringenden Cambiumpartien zeigt uns also verlängerte schmale Zellen, von denen die einen nicht mehr, die andern vorzugsweise durch Längswände sich theilen. In den letztern treten aber auch Querwände auf, und so kommt es, dass die zuerst sich ausbildenden Elemente einer Prosenchymmasse die längsten sind, und dass die übrigen, wie sie bis zu einem bestimmten Stadium der Zeit nach auf einander folgen, kürzer werden. Es ist bekannt, dass man diess vorzugsweise an den Gefässzellen beobachtet, so wie auch, dass die zuerst sich entwickelnden Gefässe (abrollbare) Spiral- oder Ringfasern, die spätern (nicht abrollbare) Netzfasern oder Poren besitzen. Mit

Digitized by Google

Rücksicht auf diese Verschiedenheit der Gefässe ist namentlich hervorzuheben, dass in der Regel ein Organ, so lange es in die Länge wächst, nur abrollbare, nachher nur unabrollbare Gefässe bildet; daher unterirdische Theile, die wenig sich verlängern, zuweilen beinahe oder gar keine der Erstern, Blätter dagegen mit geringem Dickenwachsthum keine der Letztern enthalten.

Ein gleiches Verhältniss beobachtet man auch an andern Elementen der Prosenchymmassen; so namentlich am Bast, dessen Fasern um so länger werden, je früher sie vor dem Zeitpuncte entstehen, in welchem das Längenwachsthum des Organs aufhört. Ja viele Stammtheile bilden überhaupt nur vor diesem Zeitpuncte Bast; und den unterirdischen Theilen mit geringem Längenwachsthum mangelt er meist gänzlich.

Von dem Momente an, wo das Längenwachsthum eines Organs aufgehört hat, entstehen in dem Epenprosenchym nur Theile (Gefässzellen und Holzzellen) von ungefähr gleicher Länge; und wenn ein Baum noch so lange in die Dicke wächst, so sind die Elemente seines letzten Jahrringes so lang als diejenigen seines zweiten und selbst seines ersten mit Ausschluss der Markscheide. Diese Thatsache scheint sich auf den ersten Anblick dadurch zu erklären, dass die Cambiumzellen sich bloss durch Längswände theilen, und daher fortwährend ihre gleiche Länge behalten. Untersucht man indess das Cambium genau, was namentlich auf tangentialen Längsschnitten oft leicht möglich ist, so sieht man in demselben gar nicht selten horizontale oder schiefe Querwände. Nehmen wir an, dass nur auf 10 bis 20 Längstheilungen je eine Quertheilung erfolge (und offenbar tritt die letztere manchmal viel häufiger ein), so müssten die Cambiumzellen bald kurz werden und bloss Parenchym bilden. Diess wird durch das ihnen und den aus ihnen hervorgehenden Elementen zukommende selbständige Längenwachsthum verhindert. In der That sieht man, wie die zum Theil noch horizontalen Wände des Cambiums in dem Splint alle schief geworden sind, und wie die Cambiumzellen, welche die Gestalt einer halbirten Spindel hatten, zu spindelförmigen Splintzellen werden, indem sie sich in die Länge dehnen und ihre Enden neben einander vorbeischieben. Beide Prozesse, das Längenwachsthum und die Theilung durch Querwände, halten sich das Gleichgewicht, so dass innerhalb gewisser Grenzen die Länge der Elemente durch alle Jahrringe des Holzes die nämliche bleibt. — Es ist eine constante Erscheinung, dass die Gefässzellen etwas kürzer sind als die nach aussen und nach innen an dieselben angrenzenden Holzzellen, obgleich beide ursprünglich aus Einer Cambiumzelle hervorgegangen sind. Der Grund davon ist, dass die weiten, in senkrechten Reihen über einander stehenden Gefässzellen weniger leicht sich bei einander vorbeischieben können als die schmalen Holzzellen; daher jene wenig schiefe Querwände haben, diese dagegen in längere Spitzen ausgezogen sind.

Man beobachtet in der Regel, dass die Elemente des Epenprosenchyms, welche auf dem Querschnitt neben einander liegen, sich ungleichzeitig entwickeln. Schleiden hat daher succedane Gefässbündel im Gegensatz von simultanen, bei denen alle Theile zu gleicher Zeit entstehen und ausgebildet werden, unterschieden,

Digitized by Google

Die Letztern sollen den Cryptogamen eigenthümlich sein. Es ist indess gewiss, dass auch manche Cryptogamen succedane Gefässbündel besitzen, an denen man die ungleichzeitige Ausbildung sowie auch einen verschiedenen Bau der Gefässe in der Dicke eines Bündels beobachten kann, wie das auch bereits von Schacht hervorgehoben worden ist. Ich nenne die Lycopodiaceen und die Marsileaceen als deutliche Beispiele, und weiss überhaupt nicht, ob es wirklich simultane Gefässstränge giebt. Allerdings unterscheiden sich diejenigen im Stamm und in den Blättern der Farren von denen der gleichnamigen Theile bei den meisten Phanerogamen dadurch, dass sie aus gleichen (porösen) Gefässen bestehen; aber diesen Bau finden wir auch bei langsam wachsenden unterirdischen Organen der Phanerogamen. Jedenfalls dürfte es zweckmässig erscheinen, diese Verschiedenheit durch eine besondere Bezeichnung festzuhalten, und die mit lauter gleichen Gefässen begabten Fibrovasalmassen isosiphone im Gegensatz zu heterosiphonen zu nennen.

Schleiden hat ferner zwischen geschlossenen (begrenzten) und ungeschlossenen (unbegrenzten) Gefässbündeln unterschieden, und jene schlechthin als monocotyledone, diese als dicotyledone Gefässbündel bezeichnet. Manche Autoren sind diesem Beispiele gefolgt. So richtig die Unterscheidung der beiden Arten von Cambium rücksichtlich der Dauer ist, so unrichtig ist es dagegen, wenn man dasjenige der Dicotyledonen allgemein als unbegrenzt bezeichnet. Es passt dieser Ausdruck nur für die Stengel, Wurzeln und vielleicht auch Blätter mancher Dicotyledonen. Einer grossen Zahl dieser Gewächse mangelt das unbegrenzte Cambium gänzlich. Viele andere besitzen es nur in den ausdauernden Organen, nicht aber in denjenigen Theilen, welche im Herbst absterben, was man leicht daraus erkennt, dass oft schon im Sommer das Cambium zuerst in den Blättern und Blüthenstielen, dann in den Stengeln, bei den einjährigen Arten auch in den unterirdischen Theilen gänzlich verschwindet. Mit Rücksicht auf diese Thatsachen dürfen wir wohl sagen, dass auch bei den Dicotyledonen die grössere Zahl der Gefässbündel begrenzt ist, das heisst schon im ersten Jahre aufhört in die Dicke zu wachsen.

Verfolgen wir das Verhalten einer Cambiummasse von ihrem ersten Auftreten bis zum Schlusse auf dem nämlichen Querschnitt, so finden wir erstlich in vielen Fällen, dass nach kurzer Zeit alle Elemente derselben in Dauerzellen übergegangen sind, so dass keine Spur von Cambium auch nicht einmal als Cambiform übrig geblieben ist. Wir können solche Fibrovasalmassen als cambiformlose bezeichnen. Wir finden sie vorzüglich bei den Gefässcryptogamen. — Bei den Phanerogamen hingegen bleibt eine Partie des Cambiums während längerer Zeit zurück; und zwar ist es an einer ganzen Epenmasse wohl ohne Ausnahme der in ihrem Innern gelegene Theil, dessen Zellen in Vermehrung beharren. Wir können also im Allgemeinen sagen, dass das Cambium der Phanerogamen an der Peripherie seines Querschnittes in Dauergewebe übergeht, in der Mitte desselben aber im Zustande des Bildungsgewebes verbleibt. Wir treffen aber, abgesehen von der begrenzten und unbegrenzten Dauer dieses Prozesses, eine wesentliche

Digitized by Google

Verschiedenheit, welche mir die Monocotyledonen und Dicotyledonen ziemlich genau zu trennen scheint.

Bei den Monocotyledonen geht schon sehr frühe die ganze Peripherie eines Cambiumstranges in Dauergewebe über; und das Cambium, später das Cambiform, ist eine mehr oder weniger centrale Masse in seinem Fibrovasalstrang. Hier sind die verschiedenen Elemente des letztern auch nicht so scharf geschieden. Die Gefässbildung beginnt zwar in der Regel auf einer Seite des Stranges und bleibt zuweilen auf diese Seite beschränkt. In andern Fällen aber schreitet sie, in 2 Schenkel sich spaltend, rechts und links neben dem Cambium vorbei; sie kann selbst auf der entgegengesetzten Seite sich zu einem vollständigen Ringe schliessen, so dass also das Cambium das eine Mal von 3 Seiten, bei Calodracon aber ringsum von Gefässen umschlossen ist. Eben so verhält es sich mit dem Baste, welcher häufig nur auf der den Gefässen abgewendeten Seite, zuweilen aber auch ringsum auftritt. Wir können solche Fibrovasalstränge mit umschlossenem Cambium nennen. — Bei den Dicotyledonen ist die innere und äussere Seite der Cambiummasse scharf geschieden; die innere Seite bildet allein Gefässe. Das Cambium erscheint auf dem Querschnitt als ein spaltenförmiger Querstreifen, welcher an seinen beiden Enden bei unbegrenztem Wachsthum gar nicht, und bei begrenztem erst spät in Dauergewebe übergeht; und daher in den Fibrovasalsträngen gewöhnlich rechts und links zu Tage tritt. Wir können sie als solche mit offenem Cambium bezeichnen. — Dieses verschiedene Verhalten des Cambiums ist der Grund, warum die Fibrovasalstränge der Monocotyledonen, wenn sie auch noch so gedrängt beisammen stehen, doch nicht sich vereinigen, während diejenigen der Dicotyledonen schon bei weniger dichter Stellung, und selbst wenn die Anordnung nicht genau concentrisch ist, zu einem Ring verschmelzen.

Bei den Dicotyledonen ist das charakteristische Product der äussern Seite des Cambiums die Sieb- oder Gitterzellen und der Bast, der innern Seite die Gefässe und das Holz. Ich will die beiden Partien Dauergewebe, welche von dem Cambium nach aussen und nach innen gebildet werden, Phloëm und Xylem nennen. Das Phloëm besteht aus Parenchym, Bast, Weichbast und Gitterzellen; das Xylem aus Gefässen, Holz, Splint und Parenchym. Ich schlage diese Terminologie vor, um dem Holz und dem Baste seine bisherige Bedeutung zu lassen. Denn es ist dem Sprachgebrauche doch allzu widerstrebend, das weiche und zarte Gewebe der Rübe, des Rettigs, der Kohlrabi, Kartoffeln etc. Holz oder Holztheil, das kurzzellige brüchige Gewebe vieler Rinden Bast oder Basttheil zu nennen.

Die Prosenchymmassen entsprechen zuweilen genau den ursprünglichen Cambiummassen, aus denen sie hervorgegangen sind; so dass aus einem Cambiumcylinder, aus einem Cambiumring oder aus einer bestimmten Zahl von Cambiumsträngen ebenfalls ein prosenchymatoser Cylinder, Ring oder eine gleiche Zahl von Strängen entsteht. Sehr häufig gehen Veränderungen in den räumlichen Verhältnissen vor; wir können sie unter den beiden Gesichtspuncten der Trennung

Digitized by Google

und der Verschmelzung zusammenfassen. Die Trennung geschieht dadurch, dass ein Theil des Cambiums in Parenchym übergeht, welches die Prosenchymmasse mehr oder weniger vollständig und in eine grössere oder geringere Zahl von Prosenchymmassen theilt. So zerfallen im Innern der Wurzeln von Pandanus die Cambiumstränge und die aus ihnen hervorgehenden ursprünglichen Fibrovasalstränge in einen Complex von getrennten Strängen, deren Zahl 30 und mehr betragen kann. Der Xylemtheil des dicotyledonen Fibrovasalstranges wird gewöhnlich durch die parenchymatischen Markstrahlen fächerartig gespalten; zuweilen zerfällt er, indem auch in tangentialer Richtung Parenchym eingeschoben wird, in viele vollständig geschiedene Fibrovasal- und Fibralstränge. Der Phloëmtheil wird in der Regel durch zwischengelagertes Parenchym von dem Xylemstrang abgetrennt, und kann auch selber mehrere oder viele Stränge enthalten.

Das Verschmelzen von ursprünglich getrennten Cambium- und Fibrovasalmassen geschieht dadurch, dass das zwischenliegende Parenchym sich ebenfalls in Cambium verwandelt. So vereinigen sich zwei sehr nahe liegende Cambiumstränge zu einem einzigen, und bilden einen ungetheilten Fibrovasalstrang, was bei Cryptogamen, Monocotyledonen und Dicotyledonen vorkommt. Ferner vereinigen sich zuweilen im Dicotyledonenstengel die in einem Kreise stehenden Cambiumstränge, oder das Cambium der im Kreise stehenden Fibrovasalstränge, zu einem Ringe.

In den Fibrovasalmassen, bei denen das Dickenwachsthum ungleichzeitig erfolgt, beginnt die Gefässbildung auf einem oder zugleich auf mehreren Puncten, und schreitet von da aus in bestimmten Richtungen fort. Wir können hinsichtlich des erstern Merkmals die Massen als monarche, diarche, triarche, tetrarche, polyarche unterscheiden. Was die Richtung betrifft, in welcher die Gefässbildung eintritt, so ist sie erstens entweder einseitig (was fast in allen Strängen der Fall ist) oder allseitig (was in den Cylindern, Ringen und ausnahmsweise auch in den Strängen vorkommt), und zweitens entweder centrifugal oder centripetal. Die Stränge in den Stengeln und Blättern der Phanerogamen haben einseitige centrifugale, — die Stränge in den Wurzeln mancher Monocotyledonen einseitige centripetale, — der Cylinder im Stengel von Lycopodium, der Cylinder oder Ring in den Wurzeln der Monocotyledonen, viele Stränge in den Wurzeln von Pandanus allseitige centripetale, — der Cylinder in den Wurzeln der Dicotyledonen allseitige, zuerst centripetale nachher centrifugale Gefässbildung. Monarche Fibrovasalmassen haben ein allgemeines Vorkommen, polyarche kommen in den Stengeln von Lycopodium, in Stengeln und Blättern von Marsileaceen und andern Cryptogamen, sowie auch in den Wurzeln von Monocotyledonen vor.

Die Gefässbildung, die auf einem Puncte beginnt, schreitet zuweilen in einer Linie fort; so dass der Querschnitt durch den Fibrovasalstrang einen einfachen Streifen von Gefässen zeigt. Nicht selten indessen spaltet sich die centrifugale Gefässbildung, und setzt sich, nachdem sie auf einem Puncte begonnen, später auf 2 oder mehrern Puncten fort, so dass der Querschnitt einen zweischenkeligen oder auch einen wiederholt dichotomischen oder fächerartig getheilten

Digitized by Google

Streifen von Gefässen aufweist. Bei Monocotyledonen und Dicotyledonen ist diese Erscheinung nicht selten. — Umgekehrt findet bei polyarchen Fibrovasalmassen, wenn die Gefässbildung centripetal ist, häufig ein Verschmelzen statt, so dass dieselbe auf 2, 3, 4 und mehr Puncten beginnend, zuletzt auf einem gemeinschaftlichen Punct anlangt. Die Wurzeln der Monocotyledonen und Dicotyledonen geben hiefür viele Beispiele. Der Querschnitt zeigt uns dann ebenfalls dichotomische und trichotomische Vasalstreifen, wenn sie auf einem excentrischen Punct zusammentreffen; vereinigen sie sich im Centrum, so entsteht aus 2 anfänglich getrennten Vasalbündeln ein einfacher Streifen, aus 3 oder 4 dagegen ein Dreieck oder ein Kreuz.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über die Veränderungen im Gewebe der Gefässpflanzen will ich einige spezielle Typen des Wachsthums hervorheben.

I. Dicotyledonen-Typus mit unbegrenztem Cambiumring (ohne begrenzte Fibrovasalstränge).

Es ist diess, was gewöhnlich als Wachsthum des Dicotyledonenstammes bezeichnet wird. Ich erwähne seiner hauptsächlich nur desswegen, um die folgenden zwei Typen damit zu vergleichen. In dem Urmeristem der Stammspitze scheidet sich ein Kreis von Cambiumsträngen aus. Diess geschieht nie gleichzeitig, sondern in einer bestimmten Zeitfolge, von der ich später (bei der Anordnung der Gefässstränge) sprechen werde. Von diesen Strängen verschmelzen die näher beisammen liegenden, während die entfernter stehenden durch Meristem getrennt bleiben, aus welchem sich die sog. grossen Markstrahlen entwickeln. Seltener vereinigen sich alle Cambiumbündel zu einem ununterbrochenen Ring. Durch das Auftreten eines Kreises von Cambiumsträngen wird das Urmeristem in Mark- und Rindenmeristem geschieden. Beides bleibt noch einige Zeit thätig, wobei sich vorzugsweise Querwände bilden. Das Markmeristem, in welchem ausserdem ziemlich spärliche radiale und tangentiale Längswände auftreten, geht zuerst in Dauergewebe über; viel später das Rindenmeristem, in welchem (ausser den Querwänden) auch zahlreiche radiale Längswände sich bilden, weil durch die Bildung von Epen (Xylem und Phloëm) die Protenrinde beträchtlich ausgedehnt wird.

Der Cambiumring sammt dem seine Lücken ausfüllenden Meristem beharrt in den Stammtheilen mit unbegrenzter Entwicklung fortwährend im Zustande des Bildungsgewebes. Aus dem Meristem, welches wir desshalb Strahlenmeristem nennen können, gehen die sog. grossen oder primären Markstrahlen hervor, die wir passender als durchgehende Parenchymstrahlen bezeichnen, im Gegensatz zu den unvollständigen, welche nur einen Theil des Xylems und Phloëms durchbrechen und daher nicht bis zum Protenmark und zur Protenrinde

Digitized by Google

reichen. Jeder Parenchymstrahl hat 2 Hälften, eine innere oder den Markstrahl und eine äussere oder den Rindenstrahl.

Der aus dem Urmeristem sich ausscheidende Ring von Cambium und Strahlenmeristem bildet nach innen Xylem und Markstrahlenparenchym. Sowie er an Umfang zunimmt, so gehen einzelne Cambiumzellen (bald nur eine einzige, bald 2 oder mehrere, neben und über einander befindliche), in Folge wiederholter Quertheilung und mangelnden Längenwachsthums, in Strahlenmeristem über, und bilden den Anfang der unvollständigen Parenchymstrahlen. Der Anordnung der Markstrahlen entspricht die Theilung des Xylemringes in vollständige und unvollständige Xylemstrahlen.

Der primäre oder Markscheidentheil des Xylems zeichnet sich immer durch die Anwesenheit von abrollbaren Gefässen aus, und zeigt eine eckige Begrenzung nach innen, indem die am meisten vorspringenden Ecken den zuerst im Urmeristem entstandenen Cambiumsträngen entsprechen. Der ganze übrige oder secundäre Theil des Xylems hat beim Coniferentypus keine, beim Laubholztypus nur poröse Gefässe.

Das ganze secundäre Xylem besteht gewöhnlich aus Holz, welches bloss durch die Markstrahlen fächerartig gespalten ist (Holzstrahlen). Zuweilen indess geht ein grösserer oder kleinerer Theil desselben in Parenchym über, indem schon die Cambiumzelle, in welcher so eben die Theilung durch Längswände aufgehört hat, oder erst die Splintzelle durch Querwände sich in mehrere über einander liegende kurze Zellen theilt. Je später diese Theilung eintritt, um so deutlicher erkennt man noch im entwickelten Zustande den Ursprung der spindelförmigen Zellenreihen, welche mit den ungetheilten Holzzellen gleiche Form und Länge haben, und oft wegen der verdickten Wandungen denselben noch ähnlicher sind. Ich möchte für dieses eigenthümliche Gewebe den Namen Holzparenchym (dickwandiges und dünnwandiges) reserviren. — Durch die Parenchymbildung werden die Holzstrahlen in Stränge mit radialer Anordnung getrennt; und je mehr die Parenchymbildung vorwiegt, um so mehr wird das Xylem zu einem markähnlichen Gewebe mit eingestreuten Fibrovasalbündeln. In diesem Falle haben wir ein sich fortwährend vergrösserndes Mark, in welchem der ursprüngliche Theil, das Protenmark, von dem aus dem Cambium hervorgegangenen Epenmark nicht mehr unterschieden werden kann (Kohlrabi, Kartoffeln).

Nach aussen bildet der Cambiumring Phloëm, welches häufig aus dickwandigem und dünnwandigem Bast, aus Gitterzellen, und immer aus Parenchym besteht, und von den (durchgehenden und unvollständigen) Rindenstrahlen durchbrochen wird. Das Parenchym, insofern es nicht unmittelbar aus dem Strahlenmeristem hervorgeht, wird durch Quertheilung der Cambium- und der jungen Bastzellen gebildet. Im letztern Fall erkennt man oft noch sehr deutlich die spindelförmigen, den Bastfasern entsprechenden Zellenreihen; dieses Gewebe dürfte passender Weise den Namen Bastparenchym (dickwandiges und dünnwandiges) tragen, im Gegensatz zu dem gewöhnlichen Rindenparenchym. — Das Phloëmparenchym ist Epenrinde; es wird von der Protenrinde, von welcher es

Digitized by Google

anatomisch und physiologisch sich nicht weiter unterscheidet, zuweilen durch den primären Bast abgegrenzt. Abgesehen von den Querwänden, welche das Cambium in Rindenparenchym verwandeln, theilen sich die Zellen, wie die der Protenrinde, eine Zeit lang durch radiale, selten auch durch tangentiale Längswände, und gehen dann nur in Dauerparenchym über, um bald von der Phellogenbildung ergriffen und in Periderm und Borke verwandelt zu werden.

Ich muss noch einige Bemerkungen über die morphologischen Verhältnisse des Cambiumringes beifügen, dessen Eigenthümlichkeiten das charakteristische Merkmal dieses Typus darstellen. Derselbe scheidet sich, wie ich angegeben habe, als ein Kreis von getrennten Cambiumsträngen aus dem Urmeristem aus; und ich glaube, dass diess fast ohne Ausnahme seine Entstehungsgeschichte ist. Schacht lässt zuerst den Verdickungsring und in demselben die Cambiumbündel auftreten (Anat. u. Phys. Pag. 204, 296), was nicht mit den frühesten Zuständen in der Terminalknospe übereinstimmt. Auch das spätere Verhalten spricht dagegen. Denn bekanntlich ist der Theil der Markstrahlen, welcher in der Markscheide liegt, nicht vom Marke verschieden; er kann, wie Chatin vorgeschlagen hat, als Markverbindungen unterschieden werden. Zuweilen mangeln die Parenchymstrahlen ganz, und die Fibrovasalstränge sind bloss durch Markverbindungen getrennt. Die letztern entstehen aus dem Urmeristem, die Mark- und Rindenstrahlen dagegen aus dem Strahlenmeristem (dem Verdickungsring von Schacht, welcher also bei den Dicotyledonen erst nach den Cambiumsträngen beginnt, und zuweilen auch vollständig ausbleibt).

Der Name Cambiumring ist nicht ganz passend, weil er meistens nicht bloss aus Cambium besteht. Eigentlich wäre es ein Cambiummeristemring. Allein da eine Verwechslung nicht möglich ist, so habe ich die Benennung des Ganzen nach dem Theil für erlaubt angesehn. — Der Cambiumring besteht nur selten ununterbrochen aus Cambium; gewöhnlich ist er von Meristem unterbrochen, welches in einzelnen Fällen selbst weitaus den grössten Theil des Umfanges einnehmen kann. — In der Regel bildet das Cambium fortwährend neues Cambium und das Meristem neues Meristem, wesswegen sich die Holzstrahlen und die Markstrahlen ohne Unterbrechung fortsetzen. Allein einerseits geht, wie bemerkt, regelmässig ein Theil des Cambiums in Meristembildung über, um dann in derselben zu beharren, wodurch die unvollständigen Parenchymstrahlen gebildet werden. Andrerseits geht auch das Meristem in Cambium über. Diess beobachtet man namentlich in den ersten Stadien; wenn die Cambium- und Gefässstränge weit aus einander liegen, so entstehen neue zwischen denselben mitten in dem Meristemtheil des Ringes. Endlich scheinen in einzelnen Organen mit überwiegender Parenchymbildung die Cambiumtheile des Ringes zeitweise auf die Meristembildung zurückzusinken, um sich dann wieder zur Cambiumbildung zu erheben. — So finden wir also im Cambiumring zwar eine bestimmte Beharrung, aber ebenso einen regelmässigen Uebergang des einen Elementartheils in den andern.

Meristembildung und Cambiumbildung sind daher im gewöhnlichen Dicotyledonentypus bis auf einen gewissen Punct von einander unabhängig. Sie sind

Digitized by Google

es noch viel mehr, wenn die Gefässpflanzen im Allgemeinen betrachtet werden. Der Theorie von Schacht, dass die Anwesenheit seines »Verdickungs- oder Cambiumrings«, unter welchem er nur den parenchymbildenden Meristemring mit Ausschluss des Cambiums der Gefässstränge versteht, die unbegrenzte Dauer der letztern bei den Dicotyledonen bedinge, und dass die Abwesenheit desselben die Gefässstränge der Monocotyledonen begrenzt lasse, widersprechen die Erscheinungen, welche uns die folgenden Typen zeigen, namentlich das Factum, dass bei den Dracaenen die Cambiumstränge, obgleich sie, wie beim gewöhnlichen Dicotyledonentypus, im Meristemring liegen, doch zu begrenzten Gefässsträngen werden. Seine andere Theorie, dass in dem »Verdickungs- oder Cambiumring« keine neuen Gefässstränge entstehen, wird schon durch zahlreiche Thatsachen im gewöhnlichen Dicotyledonentypus, besonders aber durch Phytolacca, Cocculus, Dracaena widerlegt.

II. Dicotyledonentypus mit unbegrenztem Cambiumring und mit zerstreuten begrenzten Fibrovasalsträngen im Mark.

Hieher gehören die Nyctagineen, Piperaceen etc. Bei ihnen bilden sich mehrere der Cambiumstränge, welche zuerst in dem Urmeristem sichtbar werden, zu isolirten Fibrovasalsträngen aus, die ein begrenztes Dickenwachsthum besitzen, und in der Zahl von 4—18 durch das Mark verlaufen. Erst die spätern und äussern Cambiumstränge ordnen sich zu einem Ringe, welcher Rinde und Mark scheidet, und dessen Thätigkeit unbegrenzt fortdauert. Das Verhalten des Markes, der Protenrinde, des Phloëms und der Parenchymstrahlen zeigt keine wesentlichen Verschiedenheiten von dem gewöhnlichen Dicotyledonentypus. Auch das Verhalten des Cambiumringes und des Xylems stimmt bei den einen der hieher gehörigen Pflanzen (Piperaceen) vollkommen überein. Bei den andern dagegen (Nyctagineen) sind die Gefässe mehr zu Bündeln oder vielmehr zu kurzen Reihen vereinigt, und jeder dieser Vasalgruppen entspricht ein ausserhalb derselben befindlicher Cambiformstrang.

III. Dicotyledonentypus mit successiven begrenzten Cambiumringen in der Epenrinde.

Als Beispiel dieses Wachsthums habe ich vorzüglich die Aeste von Phytolacca dioica Lin. studirt; und das Folgende gründet sich nur auf diese Pflanze. In dem Urmeristem der Stammspitze scheiden sich nach einander eine grössere Zahl von Cambiumsträngen aus, von denen die innern und frühern in der Zahl von 8 — 12 getrennt bleiben, die äussern und spätern sich in einen Ring ordnen, der Mark und Rinde trennt. Die einen und die andern haben entschiedenes Dickenwachsthum, das aber von begrenzter Dauer ist; bei allen besteht das Xylem

Digitized by Google

aus einem primären Theil mit abrollbaren Gefässen und dünnwandigen Zellen, und einem secundären Theil mit porösen Gefässen und Holzzellen.

Die im Mark zerstreuten Fibrovasalbündel zeigen die Eigenthümlichkeit, dass jedes einzelne für sich einen mehr oder weniger, oft vollständig geschlossenen Ring mit eigenem Centrum bildet, welcher auf den ersten Blick an den gewöhnlichen Holzring der Dicotyledonen erinnert, bei genauerer Betrachtung aber ein ganz anderes Verhalten offenbart. Die dem Centrum des Stengels zugekehrte Seite zeigt den primären oder Markscheidentheil als getrennte Vorsprünge in der Zahl von 2 — 4. Der Holzring, aus Holzzellen und porösen Gefässen bestehend, ist von 4 — 6 durchgehenden und einigen unvollständigen Markstrahlen unterbrochen, und schliesst in seinem Innern zunächst Cambiform, dann Bast von wenig charakteristisch entwickelter Structur und zu innerst etwas Parenchym ein. Offenbar entsteht diese merkwürdige Erscheinung dadurch, dass der beträchtlich in die Breite wachsende Fibrovasalstrang an seiner äussern Seite concav wird und sich zuletzt ringförmig schliesst, wodurch paradoxer Weise der Bast ins Innere des Holzringes zu liegen kommt.

Die Fibrovasalbündel, die an der Grenze des Markes zu einem Ring zusammengedrängt sind, werden von durchgehenden Parenchymstrahlen von einander getrennt. In jedem einzelnen bilden sich oft einige unvollständige Strahlen aus. Nach aussen ist das Phloëm durch einen Bastring abgeschlossen, der später in Bündel aus einander geht. Im Uebrigen besteht es aus Parenchym. Innerhalb des letztern und ausserhalb des Holzringes befindet sich das Cambium, das bald in Cambiform übergeht, und in diesem Zustande verharrt.

Die Zellen des Markmeristems theilen sich nach Entstehung der Cambiumstränge noch eine Zeit lang, und zwar in allen Partien desselben und in allen Richtungen. In den Zellen des Protenrindenmeristems treten ausser den Querwänden vorzugsweise (in der Epidermis und dem Collenchym fast ausschliesslich) radiale Längswände auf. Die Theilung ist hier viel länger thätig als im Mark. Obgleich ziemlich spärlich, dauert sie wegen des Dickenwachsthums des Organs so lange, bis die in der äussersten Collenchymschichte beginnende Phellogenbildung allmälig die Protenrinde zerstört hat, was indess erst ziemlich spät statt hat.

Die (innerhalb des Bastes) liegende Epenrinde verhält sich wie die zunächst liegenden Schichten der Protenrinde. Abgesehen von den Querwänden, welche das Cambium in Parenchym verwandeln, bilden sich tangentiale und radiale Längswände. Zwischen dem Bastring und dem Cambiform der innern kreisförmig gestellten Fibrovasalstränge entsteht dann ein neuer Kreis von Cambiumbündeln, die sich ähnlich verhalten wie die aus dem Urmeristem entstandenen Cambiumstränge des ersten Kreises, mit dem Unterschiede jedoch, dass sie (weil das Längenwachsthum des Astes aufgehört hat) kein primäres Xylem mit abrollbaren Gefässen, sondern nur Holz und poröse Gefässe, ferner keinen Bast bilden. Ausser den durchgehenden Parenchymstrahlen, welche die Fibrovasalbündel trennen, können auch hier einige unvollständige in jedem einzelnen Strang vorkommen. — Indess vermehrt sich die innerhalb des Bastes und ausserhalb des zweiten

Digitized by Google

Kreises von Fibrovasalsträngen liegende Epenrinde, und es bildet sich dann in derselben ein dritter Kreis von Cambiumsträngen.

Diese Entwickelung dauert nun fort, so lange der Ast lebt. Die ganze Rinde zwischen dem Periderm und dem äussersten Kreis von Fibrovasalsträngen ist in Vermehrung begriffen; am lebhaftesten indess vermehrt sich immer der innere Theil derselben, welcher daher auch am deutlichsten eine radiale Anordnung der Zellen zeigt. Sobald aber ein neuer Kreis von Cambiumbündeln die Rinde in eine innere und eine äussere Hälfte scheidet, so ist es nur die letztere, deren Zellen sich theilen; die innere Hälfte geht sogleich in Dauergewebe über. — In einjährigen starken Aesten kommen bis auf 5 und 6 Kreise von Fibrovasalsträngen vor, die bald eine regelmässige, bald eine unregelmässige Anordnung zeigen; im letztern Falle sind sie auf der einen Seite zahlreicher als auf der andern.

Bei Phytolacca haben wir also 3 concentrisch kreisförmige Regionen, in denen unbegrenzte Vermehrung des Gewebes thätig ist: das Phellogen, welches sprungweise in neue Rindenzellen übergeht, — das Meristem, welches zwar in der ganzen Rinde thätig, in der innern aber am wirksamsten ist, und welches sprungweise seine innere Stätte verlässt, um sich weiter aussen zu concentriren, — endlich die Cambiumstränge sammt dem zwischen ihnen liegenden Strahlenmeristem, welche Ringe von begrenzter Vermehrungsdauer, aber mit unbegrenzter Wiederholung bilden.

IV. Dicotyledonentypus mit successiven begrenzten Cambiumringen in der Protenrinde.

Dieser Typus gründet sich auf die Untersuchung von Cocculus laurifolius DC. Die ersten Entwicklungsstadien stimmen mit dem gewöhnlichen Dicotyledonentypus überein. Die Fibrovasalstränge bilden einen Ring, der Mark und Rinde scheidet, und sind von durchgehenden Parenchymstrahlen getrennt. Das Cambium bleibt aber nur während einer begrenzten Dauer (1 — 2 Jahre) thätig, und hört dann auf, Zellen zu bilden. — Das Xylem enthält in seinem primären oder Markscheidentheil nur wenige Spiralgefässe, und besteht in seinem secundären Theil aus Holz mit eingestreuten Gefässen, worauf eine Lage von Splint (jungem Holz) folgt. — Das Phloëm zeigt 2 Theile. Der äussere ist Bast; der innere besteht aus wenigen Schichten von bastähnlichen aber dünnwandigen Zellen, die durch Querwände getheilt sind. — Zwischen Phloëm und Xylem befinden sich die sehr kleinen Cambiformzellen, die an die Stelle des Cambiums getreten sind.

Die Zellentheilung hört in dem Marke frühzeitig auf. Sie dauert in der Rinde in langsamer Bewegung fort, indem sich, entsprechend dem Flächenwachsthum derselben, radiale Längswände bilden. Tangentiale Wände treten vorerst keine auf, und die Zahl der Zellschichten bleibt die nämliche. Erst wenn die Thätigkeit des Cambiums erlöscht, so strecken sich die innern Rindenzellen (gewöhnlich sind es 2 oder höchstens 3 Schichten) in radialer Richtung, und theilen sich wiederholt durch tangentiale Wände; doch so dass es immer wieder die

Digitized by Google

innersten sind, welche sich am lebhaftesten vermehren. Wenn die Rinde ausserhalb der gebogenen Bastbündel früherhin aus 7 — 9 Schichten (nämlich aus der Epidermis, aus 2 farblosen, collenchymartigen Schichten, 3 — 5 grünen und 1 farblosen Schicht) bestand, so zeigt sie nun deren 18—20. Davon bleiben 10—11 unverändert (die Epidermis, 2 farblose, 4—5 grüne und 3—4 bloss stärkeführende Schichten). Die folgenden 3—4 Schichten, welche anfänglich reich an Amylum waren und dünne Membranen hatten, werden dickwandig und porös, indem sie einen Theil ihres Inhaltes bewahren. Sie stellen einen bastähnlichen Ring dar. Die innerhalb des letztern, zwischen ihm und dem eigentlichen Bastring befindlichen Zellen (oft sind es nur 1 — 2 Schichten) theilen sich fortwährend durch tangentiale Wände, doch so dass es immer die äusseren sind, welche bildungsfähig bleiben, indess die inneren in Dauergewebe übergehen.

Wir haben somit nun einen zwischen dem eigentlichen und dem falschen Bast eingeschlossenen Meristemring. In demselben bildet sich ein Kreis von Cambiumbündeln aus, was dadurch geschieht, dass die Bildungszellen, ihre Enden neben einander vorbeischiebend, allmälig länger werden. Die Cambiumzellen erreichen bald die Länge, die sie im innern Kreis hatten, und behalten dann dieselbe, so lange das begrenzte Dickenwachsthum dauert. — Zwischen den Cambiumbündeln befindet sich Strahlenmeristem, dessen Zellen die ursprüngliche Höhe nicht verändern. Bis die verlängerten Cambiumzellen sich gebildet haben, besteht der Ring von Bildungsgewebe bloss aus 1 — 2 Schichten; erst nachher wird er an den Stellen, wo sich die Cambiumstränge befinden, mächtiger.

Der entwickelte Zustand zeigt uns zwischen dem Bast des innern Kreises und dem bastähnlichen Parenchymring einen zweiten Kreis von Fibrovasalbündeln, welcher (vom Baste aus anfangend) zuerst 4 — 6 dickwandige Parenchymschichten, dann kurze Holzzellen und kurzgliedrige poröse Gefässe (die innersten zuweilen genau von gleicher Länge wie die anliegenden Parenchymzellen), dann verlängerte Holzzellen mit langgliedrigen Gefässen enthält. Der Uebergang der kurzen in die langen Zellen ist bald rascher bald langsamer; als stärkstes Verhältniss wurde je die äussere Zelle durchschnittlich doppelt, als schwächstes durchschnittlich 1⅙ so lang gefunden als die vorhergehende innere. Auf das Holz folgt Splint, dann Cambiform, und ausserhalb desselben einige Schichten von dünnwandigem, bastähnlichem, durch Querwände getheiltem Phloëm. Die Fibrovasalbündel des zweiten Kreises unterscheiden sich also von denen des ersten bloss durch den Mangel der abrollbaren Gefässe, wofür sie einen innern Theil besitzen, der die Uebergänge zum Parenchym zeigt, und durch den Mangel des Bastes, wofür sie nach aussen von einem dickwandigen Rindenparenchym bedeckt sind.

Der gleiche Prozess wiederholt sich nun fortwährend in der Rinde. Ihre Zellen sind in langsamer Vermehrung begriffen, vorzugsweise durch radiale Längswände. Mit dem Erlöschen des Cambiums und Markstrahlenmeristems beginnt eine lebhaftere Theilung der innern Rindenschichten vermittelst radialer Wände, worauf wieder die innerste Partie durch einen dickwandigen Parenchymring

Digitized by Google

umgrenzt wird. Der Zuwachs, den die Rinde durch die Zellentheilung erhält, stellt sich immer grösser dar als der Verlust, welcher mit der Bildung eines neuen Kreises von Fibrovasalsträngen verbunden ist. Daher wird die Rinde mit dem Alter mächtiger, bis die Peridermbildung an der äussern Seite eintritt und durch einen fortwährenden Abgang dem innern Zuwachs das Gleichgewicht hält.

Cocculus unterscheidet sich von Phytolacca dadurch, dass der Meristemring, wodurch das Rindenparenchym fortwährend sich vermehrt, ausserhalb des Bastes also in der Protenrinde seinen Sitz hat. Die Unregelmässigkeit in der Anordnung der Fibrovasalstränge ist noch grösser als bei Phytolacca; die concentrische Stellung ist gewöhnlich gestört, indem die Kreise anfänglich einseitig und später auf der einen Seite mächtiger sind.

Es geht mir eben der Aufsatz von Radlkofer »über das anomale Wachsthum des Stammes der Menispermeen« in der Flora 1858, pag. 193 zu, welcher die Erscheinungen in den Zweigen von Cocculus laurifolius detaillirter behandelt, als ich es gethan habe. Indem ich seine Angaben im Uebrigen bestätigen kann, weiche ich nur in zwei Puncten etwas ab. Radlkofer unterscheidet nicht scharf genug die verschiedenen Zellenbildungsprozesse; er nennt das in der Rinde ausserhalb des Bastes auftretende Bildungsgewebe Cambium, und könnte leicht den Leser zu einer Annahme verleiten, welche auf eine Unmöglichkeit führt. Nach seiner Darstellung scheint es nämlich, als ob das aus dem sogenannten Cambium hervorgehende Gewebe vollständig zu der Bildung des neuen Fibrovasalstrangkreises und des ihn bedeckenden bastähnlichen Ringes verwendet werde. So müsste die Rinde (da für einen Ersatz keine Aussicht geboten ist) nach und nach in der Bildung des Holzes aufgehen, während sie in der That fortwährend mächtiger wird. Die Meristembildung ist, wie ich gezeigt habe, in der Rinde immerfort thätig, zeitweise aber gesteigert, und immer aus dem innersten Theil der sich vermehrenden Rinde gehen die Cambiumbündel hervor.

Radlkofer lässt ferner die Verlängerung der Cambiumzellen wenigstens für die ersten Stadien fast ausschliesslich durch die entsprechende Abnahme und das schliessliche Verschwinden ganzer Radialreihen von Zellen geschehen, so dass z. B. die Zellen einer Reihe ihre dreifache Länge erreicht haben, wenn 2 andere (über- und unterliegende) Reihen verschwunden sind. Ich stimme vollkommen bei, dass ein solches Kürzerwerden und Aussterben radialer Zellreihen (nebst entsprechender Verlängerung der andern) vorkommt; man kann es überall beobachten, wo durch eine fortdauernde Zellbildung in einer Richtung aus jeder einzelnen Zelle eine ganze Reihe hervorgehen kann, im Xylem, Phloëm und in den Parenchymstrahlen. Ich gebe auch zu, dass an dem fraglichen Orte bei Cocculus diese Erscheinung häufiger vorkommt als anderswo; aber ich finde sie lange nicht häufig genug, um die Verlängerung der Cambiumzellen zu erklären. Ich glaube im Gegentheil, dass ihr Bestreben, sich zu verlängern, ein Vorbeischieben ihrer Enden (was vorzugsweise auf tangentialen Längsschnitten bemerkbar ist) veranlasst, und dass darin der hauptsächlichste Grund ihrer von Schicht zu Schicht zunehmenden Länge zu suchen ist. Die Cambiumzellen behalten dieses Bestreben

Digitized by Google

fortwährend; sie zeigen aber, auf einem bestimmten Punct angelangt, fortan durchschnittlich die nämliche Länge, weil nun die Theilung durch Querwände dem Wachsthum das Gleichgewicht hält. Desswegen sind die Elemente der Fibrovasalstränge aller Kreise (mit Ausnahme derjenigen Elemente des innersten Kreises, welche sich vor dem Aufhören des Längenwachsthums des Zweiges gebildet haben) ungefähr gleich lang. Dabei ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass besondere Wachsthumsverhältnisse bald einen äussern, bald einen innern Kreis begünstigen. Ich kann aber die Angabe nicht bestätigen, dass die Zellen der Fibrovasalstränge des innern Kreises constant länger seien.

V. Monocotyledonentypus mit begrenzter Bildung von Fibrovasalsträngen.

Es gehören hieher die Palmen mit der grossen Mehrzahl der Monocotyledonen. Bei Chamaedorea elatior Mart. verhält sich das Wachsthum folgendermaassen. Aus dem Urmeristem scheiden sich zahlreiche Cambiumstränge aus, welcher Prozess in den Internodien im Centrum beginnt, und ziemlich rasch nach der Peripherie hin fortschreitet. Diese Folge in centrifugaler Richtung wird indess nicht ganz strenge eingehalten. Einzelne äussere Stränge schreiten voran, wenn sie im Austritt in das nächste Blatt begriffen sind. Einzelne innere dagegen folgen etwas später nach, was ebenfalls mit dem Längsverlauf zusammenhängt.

Die aus den Cambiumsträngen hervorgehenden Fibrovasalstränge bestehen in ihrer innern oder Xylemhälfte aus Gefässen und Holzzellen, in ihrer äussern oder Phloëmhälfte aus Bastfasern. Xylem und Phloëm sind in der Mittellinie durch ein Bündel von Cambiform geschieden, und gehen beiderseits (links und rechts) unmerklich in einander über. Die Xylemhälfte nimmt von den innern Strängen, welche Spiral- und poröse Gefässe besitzen, zu den äussern, welche nur poröse Gefässe enthalten, an Mächtigkeit ab, während die Phloëmhälfte an Mächtigkeit zunimmt.

Verfolgen wir die Entwicklungsgeschichte des einzelnen Fibrovasalstranges, so bestehen mit Rücksicht auf Zellenvermehrung folgende Verhältnisse. Anfänglich findet Theilung durch Längswände in allen Zellen des Cambiumstranges statt. Sie hört dann zuerst an der ganzen Peripherie auf, und von da schreitet das Aufhören nach dem Centrum hin fort. Desswegen nimmt in dem Phloëm die Dicke der Fasern von aussen nach innen hin ab; im Xylem findet das Umgekehrte statt. In dem Stadium, wo die Verholzung des Bastes beginnt, ist das Cambium bloss noch ein Bündel von 2 — 3 Zellschichten, kenntlich durch seine kleinen dünnwandigen, von aussen nach innen zusammengedrückten Zellen, und deutlich verschieden von dem einwärts folgenden Cambiform, dessen Zellen etwas dickwandiger, durchschnittlich etwas weiter und unter einander von ungleicher Grösse sind. Später verschwindet das Cambium gänzlich und wird durch Cambiform ersetzt; oft bleibt jedoch seine Stelle noch längere Zeit sichtbar als eine einfache

Digitized by Google

Schicht zusammengedrückter Zellen, welche gewöhnlich die kleinsten des ganzen Fibrovasalstranges sind.

Das Cambiform der Palmen wurde von Mohl zuerst als Vasa propria unterschieden, von den spätern Phytotomen als Cambium bezeichnet. Indessen hat Mohl mit Recht auf die Verschiedenheit zwischen beiden Geweben hingewiesen (Bot. Zeit. 1855, pag. 893); er kommt dabei zu dem Schlusse, dass die Vasa propria der Palmen zum Baste gehören. Wenn ich ihnen diesen Namen nicht gegeben habe, so liegt der Grund nicht darin, dass ich die Analogie zwischen den weiten Zellen des monocotyledonen Cambiforms und den Gitterzellen des dicotyledonen Bastes bestreiten möchte. Aber ich bezweifle, dass das ganze Gewebe zum Baste (Phloëm) zu rechnen sei. Bei Chamaedorea ist es, wie ich glaube, seiner Lage nach eher Xylem; in den Wurzeln der gleichen Pflanze kommen die Cambiformstränge zerstreut in dem Fibrovasalring zwischen den äussern und den innern Gefässen vor. Den räumlichen Verhältnissen nach kann also dieses Gewebe unmöglich als zum Basttheil gehörend betrachtet werden, es sei denn, dass unsere gegenwärtigen Begriffe von Holz- und Basttheil noch sehr unzureichend wären, und bei den Monocotyledonen ungeahnte Verflechtungen der beiden Gewebe vorkämen. Ich habe desswegen den Namen Cambiform gewählt, welcher nichts präjudicirt. Wie aus dem Cambium sowohl Xylem als Phloëm entsteht, so kann das Cambiform auch das eine oder andere oder beide vereint darstellen, und diess sowohl in morphologischer als in physiologischer Beziehung. Mohl vermuthet, dass die Vasa propria der Monocotyledonen die gleiche Function ausüben wie die innern Rindenschichten der Dicotyledonen und den absteigenden Saft leiten. Ich will auch diess nicht bestreiten, insofern wir überhaupt von einem so wenig bekannten Vorgang sprechen dürfen. Allein auch der Splint der Dicotyledonen muss eine Function haben, deren Sitz kaum anderswo gefunden werden dürfte als in dem nämlichen Cambiform (oder Vasa propria).

Die Ausbildung der Zellen eines Stranges geschieht nicht genau in der gleichen Folge, in welcher sie entstehen. Zuerst trifft sie die Spiralgefässe, wenn solche vorhanden sind. Dann beginnen diejenigen Bastzellen, welche zunächst dem Cambium (an dessen äusserer Seite) liegen, ihre Wandungen zu verdicken. Von diesem Puncte schreitet die Verholzung des Phloëms nach aussen und darauf zugleich auch in seitlicher Richtung fort. Erst nachdem die Ausbildung des Bastes begonnen hat, folgen die porösen Gefässe sammt den Holzzellen nach. — Die Verdickung der Zellwandungen geht also in jeder der beiden Hälften des Fibrovasalstranges selbständig von innen nach aussen, und schlägt somit im Phloëm den umgekehrten Weg ein, den das Aufhören der Zellentheilung zeigt.

Berücksichtigen wir die Ausbildung aller auf dem Querschnitt eines Stengelinternodiums neben einander liegenden Bündel, so geschieht dieselbe, was die Xylemhälfte betrifft, in gleicher Reihenfolge wie die Anlage derselben. Die Entwicklung der Spiral- sowie der porösen Gefässe beginnt in den innersten und frühsten Strängen, und schreitet nach der Peripherie des Stammes hin fort. Die

Digitized by Google

Ausbildung der Phloëmhälfte dagegen fängt in den äussern und spätern Strängen an, und bewegt sich nach den im Centrum befindlichen hin.

Die Fibrovasalbündel nehmen nach aussen hin eine gedrängtere Stellung an, und bilden zu äusserst eine sehr dichte Lage. Dort finden häufige Vereinigungen statt, und zwar sind es immer nur je 2 entweder genau radial oder etwas schief hinter einander, seltener neben einander liegende Stränge, welche mit einander verschmelzen. Man sieht alle möglichen Uebergänge von dem Beginne der Vereinigung bis dahin, wo beide in einen einfachen Strang von gewöhnlichem Bau übergegangen sind. Sehr deutlich erkennt man diese zusammengesetzten Stränge vor ihrer vollkommenen Entwicklung, wenn die Bastbildung in den beiden Hälften auf getrennten Puncten begonnen hat.

Die äusserste gedrängte Schicht der Fibrovasalstränge bezeichnet die Grenze zwischen Mark und Rinde. — Während aus dem innern Theil des Urmeristems sich Cambium für die Fibrovasalbündel ausscheidet, so entstehen auch in dem äussern Theil desselben Cambiumstränge, welche sich in die Bastbündel der Rinde verwandeln. — Das Mark- und Rindenmeristem bleibt noch einige Zeit nach der Bildung des Cambiums in Thätigkeit, indem die Zellen sich vorzüglich durch Querwände theilen.

Die Cambiumstränge, und somit die Gefäss- sowie die Baststränge, entstehen alle unmittelbar aus dem Urmeristem. Schacht (Anat. und Phys. I, 320 ff.) nimmt für Chamaedorea und andere Palmen einen »Verdickungs- oder Cambiumring« an, dessen zellenbildende Thätigkeit von begrenzter Dauer sei und später mit Verholzung endige. Ich kenne bei Chamaedorea keine Erscheinung, welche so bezeichnet werden könnte, indem die Cambiumstränge, wie bereits gesagt wurde, beinahe gleichzeitig angelegt werden, und die Theilung der Parenchymzellen auf allen Puncten des Querschnittes ebenfalls fast gleichzeitig aufhört. Bei andern Palmen ist der sogenannte Verdickungs- oder Cambiumring ohne Zweifel nichts anderes als Urmeristem, welches an der Grenze zwischen Mark und Rinde sich etwas später in Folgemeristem und Cambiumstränge scheidet als im Innern, eine Erscheinung, die auch in den Wurzeln von Pandanus vorkommt.

VI. Monocotyledonentypus mit unbegrenzter Bildung von Fibrovasalsträngen.

Als Beispiel dieses Typus habe ich Calodracon Jacquini Göpp. untersucht. Aus dem Urmeristem scheiden sich zahlreiche Cambiumstränge aus. Das zwischenliegende Meristem bleibt noch eine Zeit lang in Theilung, vorzüglich durch Querwände; die Entstehung von Längswänden in demselben hört frühzeitig auf. — Ausserhalb der Cambiumbündel beharrt aber eine ringförmige Schicht in Bildungsthätigkeit. Dieser Meristemring scheidet Mark und Rinde; er dauert so lang der Stamm oder Ast lebt, und bildet fortwährend nach innen secundäres Markparenchym und nach aussen in geringerer Menge secundäres Rindenparen-

Digitized by Google

chym. Hin und wieder entstehen in demselben Cambiumbündel, welche in dem Markparenchym zurückbleiben und sich zu Fibrovasalsträngen ausbilden. — Die Rinde nimmt vermöge der Thätigkeit des Meristemringes an ihrer innern Fläche an Mächtigkeit zu. Bald beginnt an ihrer äussern Fläche Peridermbildung, und sie verliert dort, was sie auf der andern Seite gewinnt.

Die Ausbildung der Cambiumstränge zu Fibrovasalsträngen findet in der Reihenfolge statt, in welcher sie entstanden sind. Sie ist daher fast gleichzeitig in dem ganzen primären Marke. In dem secundären Marke, welches aus dem Meristemring hervorgegangen ist, tritt sie etwas später ein, und schreitet von innen nach aussen fort. — Die Stränge des primären Markes enthalten Spiral- und poröse Gefässe, diejenigen des secundären nur die letzteren. Die Spiralgefässe liegen meistens etwas zerstreut, indess die porösen Gefässe einander unmittelbar berühren und nur wenige zwischen ihnen eingestreute Holzzellen zeigen. Die Gefässe eines jeden Stranges stellen einen mehr oder weniger vollständigen Ring dar, dessen Ausbildung auf der innern Seite beginnt, und beiderseits fortschreitend sich auf der äussern Seite schliesst. Dieser Vasalring umgiebt das Cambium, oder vielmehr das Cambiform, welches theilweise in ein holzähnliches Gewebe übergeht.

Sowohl im primären als im secundären Marke kommt es nicht selten vor, dass 2 oder auch 3 Fibrovasalstränge mit einander verschmelzen. Man sieht die Vereinigung in allen Stadien: in einem der zusammengesetzten Stränge sind die eingeschlossenen Cambiummassen noch getrennt, in einem andern sind sie in eine einzige Masse mit länglichem Querschnitt zusammengegangen. Es sind sowohl tangential neben, als radial hinter einander liegende Stränge, welche diese Verschmelzung zeigen.

Die Cambiumstränge, die dem Meristemring ihren Ursprung verdanken, entstehen jeder aus einer einzigen oder aus einigen wenigen Zellen einer Radialreihe oder aus mehrern Zellen von 2 und 3 Radialreihen, durch wiederholte Bildung von tangentialen und radialen Längswänden. Zugleich erfolgt ein beträchtliches Längenwachsthum der Zellen, indem sie sich bei einander vorbeischieben. Die Elemente der Cambiumstränge sind in Folge dieser Prozesse viel kleiner auf dem Querschnitt als die umgebenden Zellen des secundären Markes. Wenn sie sich in Gefässe umwandeln, so dehnen sie sich bedeutend aus, und da die Stränge dicht beisammen stehen, so werden die zwischenliegenden Zellschichten stark zusammengedrückt und erhalten ein markstrahlenähnliches Aussehen. — Die Stränge im primären Mark nehmen bei ihrer Ausdehnung ebenfalls im Querschnitt beträchtlich zu; allein da sie weiter von einander entfernt liegen, so hat diess auf das zwischenliegende Gewebe keinen merkbaren Einfluss. — Die aus dem Meristemring hervorgehenden Fibrovasalstränge bilden wegen ihrer gedrängten Lage einen scheinbaren Holzring.

Die Rinde besteht ganz aus Parenchym, dessen Zellen in langsamer Vermehrung begriffen sind, indem sie seltener Querwände und tangentiale Längswände, häufiger radiale Längswände bilden. Wegen der in ihnen zuweilen auf-

Digitized by Google

tretenden Querwände nimmt die durchschnittliche Zellenhöhe von dem Meristemringe nach der Peripherie ab. — Einzelne zerstreute Rindenzellen enthalten einzelne (1 bis 3 und 4) säulenförmige Crystalle oder Bündel von Rhaphiden. Diese Zellen zeigen das umgekehrte Verhältniss; in der Nähe des Meristemringes haben sie die Länge der übrigen, in den äussern Rindenschichten sind sie 3- bis 6mal so lang als die angrenzenden Zellen. Wir müssen diesen krystallführenden Zellen daher ein selbständiges Längenwachsthum zuschreiben.

Ich habe nur die Wachsthumstypen der ausdauernden Stammtheile bei den Phanerogamen berücksichtigt. Die einjährigen Theile zeigen manche interessante Verhältnisse. Es lässt sich aber namentlich bei den Dicotyledonen oft nicht ausmitteln, welchem der aufgezählten Typen sie angehören.

Die Wurzeln zeigen, insofern sie perennirend sind, späterhin eine merkwürdige Uebereinstimmung in ihrem Dickenwachsthum mit den Stammtheilen der gleichen Pflanze; und wir können daher bei denen der Dicotyledonen die gleiche Zahl von Wachsthumstypen unterscheiden. — In ihren ersten Stadien aber bieten die Wurzeln eine constante und charakteristische Verschiedenheit gegenüber den Stammtheilen dar. Dieselbe besteht im Allgemeinen darin, dass die Gefässbildung (im Cambium überhaupt oder wenigstens in einem äussern Kreis von Cambiumsträngen) an der Peripherie beginnt und nach dem Centrum der Wurzel hin fortschreitet, und dass das zu diesen centripetalen Vasalbündeln gehörige Cambium oder Cambiform nicht in radialer Richtung ausserhalb oder innerhalb, sondern in tangentialer Richtung neben oder zwischen denselben liegt; während in den Stammtheilen der Phanerogamen die Gefässbildung centrifugal ist und das Cambium oder Cambiform ausserhalb der Gefässe (oder wenigstens der ersten derselben) befindlich ist.

Wurzeln der Dicotyledonen.

Die Wurzelspitze innerhalb der Wurzelhaube besteht aus Urmeristem; der centrale Theil desselben verwandelt sich in einen soliden Cambiumcylinder. In dem Letztern beginnt die Gefässbildung auf 1, 2, 3 oder 4 peripherischen Puncten und schreitet nach dem Centrum hin fort. Wir finden somit auf Querschnitten oberhalb der Wurzelspitze 2 — 4 Vasalbündel, z. B. 2 bei den Cruciferen, Fumariaceen, Caryophylleen, Ampelideen, bei Urtica, Plantago, Helianthemum, Baptisia etc.; 3 bei den meisten Papilionaceen, Orobanche, Pinus; 4 bei den Umbelliferen, Cucumis, Convolvulus, Cocculus (XIX, 2) Ricinus, Euphorbia.

Diese Vasalbündel, die ich als die ursprünglichen der Wurzel bezeichnen will, haben aussen kleinere, nach innen grössere Gefässe, die meist in eine einfache und ununterbrochene radiale Reihe gestellt sind. Sie treffen im Centrum auf einander, und bilden dann in einem Falle (wenn ihrer 2 sind) eine einzige, dem Durchmesser entsprechende Reihe (XIX, 7), im andern Falle einen 3- oder 4strahligen (kreuzförmigen) Stern (XIX, 3). Der Raum zwischen den Strahlen

Digitized by Google

dieser ursprünglichen Vasalgruppe (zuweilen ist es eine Fibrovasalgruppe) oder den ursprünglichen Vasalsträngen ist mit Cambium ausgefüllt; namentlich unterscheidet man in der zwischen ihren äussern oder Anfangstheilen befindlichen Partie eine Stelle, wo die Zellen am kleinsten und die Zellenbildung am lebhaftesten ist, und ausserhalb dieser Stelle (also ebenfalls alternirend mit den Vasalbündeln) bemerkt man zuweilen sogar je ein Bastbündel (Lathyrus, Onobrychis, Baptisia etc.).

Wenn die Gefässbildung (oder Gefäss- und Holzbildung), von aussen nach innen vorrückend, im Centrum angelangt ist und die ursprüngliche Vasalgruppe gebildet hat, so wendet sie sich nach aussen. Die ersten Gefässe entstehen in den Winkeln der 3- und 4strahligen Massen oder neben dem mittlern Theil der diametralen Reihe. Nach und nach füllt sich dann von innen nach aussen der ganze Raum mit Gefässen und Prosenchymzellen, wobei die Gefässe bald zerstreut, bald in bestimmte Gruppen vereinigt sind. Bei Urtica z. B., wo die Gefässbildung an 2 peripherischen Puncten anhebt und einen Querstreifen bildet, schreitet sie dann in einer zu demselben rechtwinkligen Richtung von dem Centrum auswärts und bildet so ein Kreuz.

Statt des ursprünglichen Cambiumcylinders haben wir nun einen Fibrovasalcylinder. In demselben erkennt man häufig die ursprüngliche Vasalgruppe unverändert. Zuweilen indess ist sie durch die Zunahme des zunächst dem Centralpunct liegenden Cambiums unterbrochen, und in mehr oder weniger von einander abstehende Stücke getrennt worden. — Das Cambium ist in manchen Fällen deutlich auf die Stellen, welche mit den ursprünglichen Vasalsträngen alterniren, beschränkt. Es verbreitet sich aber rasch, ergreift auch die ausserhalb jener Vasalbündel liegenden Stellen und schliesst sich so zu einem vollständigen Ringe. Häufig jedoch ist die Schliessung nicht vollständig, und es bleiben ausserhalb der primären Vasalbündel mehr oder weniger breite Parenchymstrahlen zurück.

Bis hieher stimmt, so weit meine Untersuchungen reichen, das Wachsthum aller Dicotyledonenwurzeln überein. Sie unterscheiden sich von den Stammtheilen durch den Mangel eines Protenmarkes, indem das Centrum von Fibrovasalgewebe besetzt ist*). Durch dieses anatomische Merkmal lässt sich die Pfahlwurzel, die übrigens nichts anderes als die erste und am stärksten sich ausbildende Seitenwurzel ist, leicht von dem unter den Cotyledonen befindlichen Stengelgliede unterscheiden. Die Grenze zwischen beiden, äusserlich oft undeutlich, ist innerlich sehr scharf, da der Uebergang von dem markführenden Stengel in die marklose Wurzel und von der Strangordnung des einen in die der andern plötzlich stattfindet.

Wenn das Dickenwachsthum der Wurzel fortdauert, so folgt es, nachdem einmal der ursprüngliche Fibrovasalcylinder sich gebildet hat, dem gleichen Typus, der den Stammtheilen eigenthümlich ist. Bei dem gewöhnlichen Typus, dem

*) Es giebt auch Dicotyledonenwurzeln, welche im Centrum Parenchym enthalten. Die Entwicklungsgeschichte muss noch ermitteln, ob dasselbe wirklich dem organischen Mittelpunkt entspreche, und ob es aus dem Urmeristem oder nicht vielmehr aus Cambium entstanden sei.

Digitized by Google

namentlich fast alle unsere einheimischen Dicotyledonen angehören, bleibt der Cambiumring in unbegrenzter Thätigkeit, indem er nach innen Xylem, nach aussen Phloëm bildet. Das Cambium ist mit zunehmendem Umfang an immer zahlreichern Stellen von Strahlenmeristem unterbrochen. Die Markstrahlen, welche das Xylem durchziehen, reichen mehr oder weniger tief in dasselbe hinein. Eine Unterscheidung von durchgehenden und unvollständigen Markstrahlen ist hier unmöglich, insofern man nicht die bis zum ursprünglichen Fibrovasalcylinder sich erstreckenden als durchgehende (grosse, primäre) bezeichnen will. Das Xylem zeigt die gleichen Verschiedenheiten wie in den Stammtheilen. Es besteht häufig aus Holz mit eingestreuten Gefässen, bei den Coniferen bloss aus Holz; nicht selten ist das Holz mehr oder weniger durch Parenchym ersetzt. Das Phloëm besteht bald bloss aus Parenchym, bald aus solchem mit einzelnen Bastbündeln oder Bastzellen. — Die Zellenbildung hört innerhalb des Cambiumringes sogleich auf, wenn das Xylem aus Holz besteht. Sie dauert nur kurze Zeit fort, wenn es parenchymatisch ist (indem sich vorzüglich noch Querwände bilden). In der Rinde dagegen, sowohl in dem Proten- als in dem Epentheil derselben, ist eine langsame Vermehrung (vorzugsweise durch radiale Längswände) thätig, bis die von aussen nach innen fortschreitende Peridermbildung ihr in jeder Schicht ein Ende setzt.

Brassica. Raphanus.

Ausgezeichnete Beispiele für eine überwiegende Parenchymbildung bieten die Wurzeln von Brassica Rapa Lin. und Raphanus sativus Lin. dar. Das ganze Gewebe wird durch den Cambiumring in Mark (eigentlich Xylemparenchym) und Rinde geschieden. Die im Marke zerstreuten Fibrovasalbündel liegen zunächst dem Centrum etwas gedrängter beisammen, und man erkennt zwischen denselben die ursprüngliche Vasalgruppe, bestehend aus einer ununterbrochenen oder getrennten Reihe von Gefässen. Im Uebrigen zeigen sie mehr oder weniger deutlich theils radiale theils concentrische Anordnung, wobei die radialen Reihen nach aussen sich theilen und so an Zahl zunehmen.

Alternirend mit diesen Reihen sieht man radiale Streifen durch das Parenchym verlaufen. Sie bestehen aus 1—3 neben einander liegenden Schichten, deren Zellen sich von den übrigen Parenchymzellen durch ihre in radialer Richtung verlängerte und tangential verschmälerte Gestalt unterscheiden. Es sind die Markstrahlen.

In dem Rindenparenchym sind Bündel von wenigen bastähnlichen Zellen oder häufiger einzelne solcher Zellen zerstreut. Bei einiger Aufmerksamkeit sieht man bald, dass sie den Fibrovasalsträngen innerhalb des Cambiumringes entsprechen und somit eine jenen opponirte Anordnung zeigen. Sie stehen ebenfalls in radialen Reihen, die aber von aussen nach innen sich theilen.

Der Cambiumring hat zu verschiedenen Zeiten eine verschiedene Structur. Zuweilen sind seine Zellen fast gleich, so dass man auf dem Querschnitt, zwischen denjenigen Stellen, die den Markstrahlen, und denen, die den Fibrovasalbündeln entsprechen, keinen Unterschied wahrnimmt. Auf Längsschnitten zeigt sich nur

Digitized by Google

ein nicht sehr bedeutender Unterschied in der Länge. In diesem Zustande bildet der Cambiumring nach aussen und nach innen Parenchym, und wäre eher als Meristemring zu bezeichnen. Zeitweise sieht man an den Stellen, die den Fibrovasalbündeln opponirt sind, die Zellen sich beträchtlich verlängern und durch häufigere Längswände sich theilen, so dass deutlich unterschiedene Cambiumstränge auftreten. Dieselben theilen sich sofort in 3 Theile; der mittlere fährt fort dem Bildungsring anzugehören und Zellen zu bilden, welche aber wegen des verminderten Längenwachsthums und der fortdauernden Quertheilung nach und nach wieder kürzer werden. Der äussere und der innere Theil des Cambiumstranges werden durch das zwischentretende Gewebe immer weiter von einander entfernt.

Der innere Theil wird zum Fibrovasalstrang, indem einzelne Zellen sich zu Gefässen umbilden, während die zwischen und zunächst denselben liegenden dünnwandige Prosenchymzellen bleiben. Der äussere Theil des Cambiumstranges wird zum Bastbündel, wobei jedoch bloss 1 — 3 neben einander liegende Zellen sich in wirkliche Bastzellen mit mässig dicker Wandung verwandeln, während alle übrigen durch Quertheilung zu Parenchym werden, und sich von dem übrigen Rindenparenchym einige Zeit lang nur durch geringere Querdurchmesser unterscheiden. Da aber die Rindenzellen sich fortwährend noch theilen, so verschwindet die Differenz bald ganz, und es bleiben nur die einzelnen Bastzellen als die Spuren des Gewebes zurück, welches den im Mark befindlichen Fibrovasalsträngen entspricht.

Wenn auch das anatomische Verhalten des Rettigs und der weissen Rübe an den Stamm von Phytolacca, Cocculus, Dracaena und der Palmen erinnert, so stimmt doch, was ich noch besonders hervorheben will, das Wachsthum vollkommen mit dem gewöhnlichen Dicotyledonentypus überein. Zwischen dem Cambiumring in der Wurzel von Raphanus und Brassica einerseits und demjenigen im Stamm eines einheimischen Laubbaumes anderseits besteht kein weiterer Unterschied als der, dass dort statt des Holzes fast bloss Parenchym gebildet wird. Dadurch werden die Gefässe sammt den zunächst liegenden und nicht in Parenchym umgewandelten Prosenchymzellen als Stränge isolirt. — Andere fleischige Wurzeln von einheimischen Dicotyledonen habe ich nicht genauer untersucht. Schacht (Anat. u. Phys. I, 347) vergleicht die Wurzel von Beta und Daucus mit Dracaena und Cocculus, und vermuthet ein periodisches Erlöschen des Cambiumrings wie bei letzterer Pflanze.

Phytolacca dioica Lin. (XIX, 7, 8).

Die Wurzeln dieser Pflanze enthalten im jüngsten Zustande zwei ursprüngliche Vasalbündel, welche sich bald zu einer Reihe vereinigen (Fig. 7). Darauf füllt sich der übrige Raum des Cylinders von innen nach aussen mit Gefässen und Prosenchym, wobei die ursprüngliche Reihe häufig in 2 Partien getrennt, und durch ungleichseitiges Wachsthum zu einem stumpfen Winkel gebogen wird. Sobald die Fibrovasalmasse auf dem Querschnitt isodiametrisch geworden ist, und

Digitized by Google

den Raum des anfänglichen Cambiumcylinders einnimmt, so dauert die Gefäss- und Holzbildung nur an einzelnen Stellen fort. Der Fibrovasalkörper wird sternförmig (gelappt oder getheilt), wobei die Strahlen selbst wieder gelappt oder getheilt sein können (Fig. 8). Zwischen denselben ist der Raum mit Parenchym erfüllt. Besitzt ein solcher Zwischenraum eine beträchtliche Breite, was namentlich ausserhalb der ursprünglichen Vasalbündel stattfindet, so bildet sich in demselben ein besonderer (durch Parenchym von der übrigen Masse geschiedener) ebenfalls radial verlängerter Fibrovasalstrang (Fig. 8, a, a).

Die Radien des centralen Sterns wachsen nur eine Zeit lang in die Dicke. Dann entsteht in dem ausserhalb liegenden Parenchym ein neuer Kreis von Cambiumsträngen, die sich wieder zu radial verlängerten und in ihrem Dickenwachsthum begrenzten Fibrovasalsträngen entwickeln. Darauf folgt ein zweiter, dritter, vierter Kreis und so fort, mit den nämlichen Unregelmässigkeiten wie im Stamm. In einer 14 M. M. dicken Wurzel fand ich z. B. stellenweise drei, stellenweise vier Kreise.

Die Wurzel von Phytolacca hat somit einige Aehnlichkeit mit der weissen Rübe und dem Rettig, insofern man in ihr innerhalb der Rinde einen Cambiumring und innerhalb des letzteren ein parenchymatisches Gewebe mit zerstreuten Fibrovasalbündeln findet. Aber die Verschiedenheit giebt sich sogleich dadurch zu erkennen, dass bei Phytolacca jeder Fibrovasalstrang an seiner äussern Seite anfänglich Cambium, nachher statt desselben fortwährend Cambiform zeigt, was bei den beiden andern genannten Wurzeln nicht der Fall ist. Es kann hinzugefügt werden, dass bei Phytolacca Bastbündel oder ein denselben analoges Gebilde mangelt. Bei Brassica Rapa und Raphanus ist der nämliche Cambiumring fortwährend thätig; bei Phytolacca erlöscht ein Cambiumring um den andern, und bleibt als Cambiform im Innern der Wurzel.

Das Cambium des äussern Fibrovasalstrangkreises ist durch das zwischenliegende Strahlenmeristem zu einem ununterbrochenen Bildungsring vereinigt. Die Fibrovasalstränge sind durch Parenchymstrahlen von einander getrennt. Einwärts vom Cambiumring findet keine Zellentheilung mehr statt; dagegen sind alle ausserhalb desselben befindlichen Partieen in Vermehrung begriffen. Alle Rindenzellen theilen sich durch tangentiale und radiale Längswände sowie durch Querwände; aber diese Theilung ist ziemlich langsam. Wenn die Thätigkeit eines Cambiumringes ihrem Ende entgegen geht, so sieht man, dass in einer innern Zone der Rinde die Theilungen viel lebhafter werden, und dass sich daselbst ein neuer Bildungsring ausscheidet. Bald treten in demselben einzelne Gefässe auf und ausserhalb derselben werden Cambiumbündel deutlich, welche wieder während einer begrenzten Zeit thätig sind, um dann ihrerseits durch einen neuen Cambiumring abgelöst zu werden. Auf diese Weise verliert die Rinde periodisch ihre inneren Schichten; die an der Oberfläche auftretende Peridermbildung verzehrt dieselbe von aussen her. Der beiderseitige Verlust wird durch die Theilungen vermittelst tangentialer Wände in den Rindenzellen selbst und wahrscheinlich auch durch einen Zuwachs aus dem Cambiumring ersetzt.

Digitized by Google

Cocculus laurifolius DC. (XIX, 2—4).

Bei Cocculus laurifolius treten in dem Cambiumcylinder oberhalb der Wurzelspitze 4 ziemlich von einander entfernte ursprüngliche Vasalstränge auf (Fig. 2), von welchen die Gefäss- und Holzbildung nach dem Centrum hin fortschreitet. Dadurch entsteht eine kreuzförmige Fibrovasalmasse (Fig. 3), die durch Ansatz in den einspringenden Winkeln erst viereckig, dann rundlich wird. — Zuweilen indess scheint die Gefässbildung auch nur auf 2 oder 3 peripherischen Puncten zu beginnen; denn in manchen dünnen Wurzeln findet man eine elliptische oder dreieckige Fibrovasalmasse, mit je einem ursprünglichen Vasalbündel in den Ecken. — Wenn die Letztere cylindrisch geworden ist, so dauert die Gefäss- und Holzbildung nur auf einzelnen Stellen fort, und es bilden sich schmale bald einfache, bald getheilte Fibrovasalstrahlen, die durch breite Parenchymstrahlen getrennt sind (Fig. 4). Der dieselben bedeckende Bildungsring besteht aus Cambiumsträngen (c,c) und aus Strahlenmeristem (m, m). Nach aussen folgt darauf zunächst ein bastähnlicher Ring von dickwandigen Parenchymzellen (l), dann dünnwandiges Rindenparenchym (r) und zuletzt Periderm (p).

Die junge Wurzel unterscheidet sich also von den Stengeltheilen, abgesehen von der eigenthümlichen Fibrovasalbildung im Centrum und der früh eintretenden Peridermbildung, namentlich dadurch, dass der eigentliche Bast dem innern Strangkreis mangelt, und dass der Cambiumring von einem später auftretenden dickwandigen Gewebe bedeckt ist, welches rücksichtlich seines Baues mit der Umhüllung des zweiten und der folgenden Strangkreise in den Stammtheilen übereinstimmt. — Die später eintretenden Entwicklungsvorgänge scheinen dagegen genau mit denen im Stengel übereinzustimmen. Wenigstens sieht man nun nach einander neue Kreise von Fibrovasalsträngen auftreten, welche immer ein begrenztes Wachsthum haben und je von einem bastähnlichen dickwandigen Parenchymring bedeckt bleiben. Die Bildung der Kreise ist übrigens noch unregelmässiger als in den Stengeltheilen. Einmal zeigt sie sich meist einseitig stärker; ferner sieht man oft einzelne Stränge, die sich ununterbrochen durch 2 und 3 Kreise hindurch verlängern.

Wurzeln der Monocotyledonen.

Die jüngsten Zustände dieser Wurzeln zeigen eine viel grössere Mannigfaltigkeit, als es bei den Dicotyledonen der Fall ist. Wir können drei verschiedene Formen für die Ausscheidung des Cambiums aus dem Urmeristem unterscheiden; sie geschieht nämlich als solider Cylinder oder als hohler Ring oder als zerstreute Stränge. — Im ersten Falle haben wir bei dünnern Wurzeln wesentlich die nämlichen Erscheinungen wie in den Dicotyledonenwurzeln. In dem centralen Cambiumcylinder beginnt die Gefässbildung auf wenigen peripherischen Puncten, und schreitet nach dem Centrum hin fort, wo die Vasalbündel zusammentreffen.

Digitized by Google

Im zweiten Falle scheidet sich aus dem unter der Wurzelhaube befindlichen Urmeristem ein ununterbrochener Cambiumring aus, welcher das Gewebe in Rinde und Mark trennt. Dann treten dicht innerhalb der äussern Fläche des Cambiums in regelmässigen Entfernungen Gruppen von kleinen Gefässen auf, die ich als die ursprünglichen Vasalbündel bezeichnen will. Von denselben schreitet die Gefässbildung in radialer Richtung nach innen hin fort. Die Gefässe eines Bündels berühren sich aussen in der Regel unmittelbar; nach innen werden sie grösser und sind gewöhnlich von einander getrennt. Häufig vereinen sich 2, 3 oder 4 dieser radialen Gefässreihen einwärts in eine einzige, so dass 2, 3oder 4 ursprünglichen Vasalbündeln im Innern ein einziges grosses Gefäss entspricht. — Die Verholzung der übrigen Cambiumzellen beginnt in der Gegend der ursprünglichen Vasalbündel und schreitet, wie die Gefässbildung, nach innen hin fort, indem sie sich zugleich auch nach den Seiten hin etwas ausbreitet. Sie schliesst sich zuerst innen zwischen den grossen Gefässen zu einem Ring, und schreitet nun zwischen den Gefässreihen auch nach aussen hin fort. Es bleibt jedoch in der Mitte zwischen je 2 ursprünglichen Vasalbündeln eine rundliche Gruppe von dünnwandigen Zellen; diess sind die Stellen, wo das Gewebe zuletzt noch im Zustande des Cambiums war, und wo die letzten Theilungen stattfanden. Wir können daher diese Zellgruppe als Cambiformstrang bezeichnen.

So hat sich also aus dem Cambiumring ein Fibrovasalring entwickelt, in welchem das Holz und die Gefässe der innern Hälfte eine ziemlich ununterbrochene Masse bilden, während die äussern Gefässe in Gruppen vereinigt sind, zwischen denen eben so viele Cambiformstränge sich befinden. Die Zahl derselben ist sehr verschieden; bei Cymbidium z. B. sind es 10 — 30, bei Chamaedorea bis 80.

Von diesem allgemeinen Typus giebt es mannigfaltige Modificationen sowohl rücksichtlich des Fibrovasalringes als des Markes und der Rinde. Was den erstern betrifft, so findet man zuweilen jeden einzelnen Cambiformstrang umgeben von einem dichtern und festern Holzring in Form eines nach aussen (oft nur wenig) geöffneten Hufeisens. — Die ursprünglichen Vasalstränge und die Cambiformstränge alterniren nicht immer ganz regelmässig. Da die Zahl derselben der Länge nach sich ändert, so beobachtet man die Uebergänge auch auf dem Querschnitt. Sie bestehen darin, dass entweder ein Vasalstrang verschwindet und die nebenan liegenden Cambiformstränge sich mit einander vereinigen, oder dass das Cambiform zwischen zwei Vasalbündeln unsichtbar wird und diese verschmelzen. In gleicher Weise wie die Vereinigung geht die Theilung der einen und andern Stränge von statten. — Ausser der Reihe von Cambiformsträngen, welche mit den ursprünglichen Vasalbündeln alterniren, kommen bei grösserer Mächtigkeit des Fibrovasalringes noch andere ähnliche Gruppen von dünnwandigen Zellen vor, welche weiter einwärts zwischen den grossen Gefässen in ungleichen Abständen von der Oberfläche liegen. Dieselben sind den peripherischen Cambiformsträngen meist opponirt, zuweilen mit denselben alternirend; es können selbst 3 radial hinter einander liegen. Die innern Cambiformstränge sind immer in ge-

Digitized by Google

ringerer Zahl als die peripherischen vorhanden; bei Chamaedorea zähle ich z. B. auf 55 der Letztern 35 der Erstern, oder auf 68 peripherische 49 innere. In den innern Strängen hat die Zellenbildung offenbar früher aufgehört als in den äussern, was mit dem Umstande zusammentrifft, dass die Ausbildung zwischen den Gefässreihen von innen nach aussen geht. Selbst wenn ein innerer Strang mit einem peripherischen verschmilzt, was zuweilen geschieht, bemerkt man noch einen geringen Unterschied in ihren Zellen. — In dem Marke kommen zuweilen zerstreute Fibrovasalbündel vor. — Die Rinde ist von dem Fibrovasalring meist durch eine Grenzzellschicht mit eigenthümlich verdickten Wandungen scharf geschieden. — Bei Chamaedorea finden sich in der Rinde der Wurzel, wie im Stengel, Baststränge und einzelne Bastfasern.

Einen Uebergang von dem ersten zum zweiten Typus der Monocotyledonenwurzeln bilden diejenigen, in welchen wie beim ersten ein Cambiumcylinder auftritt und aus diesem ein Fibrovasalcylinder sich entwickelt, wo aber wie beim zweiten Typus die Gefässbildung auf einen peripherischen Ring des Cylinders beschränkt bleibt. Diess beobachtet man z. B. bei Cucculigo. Die Gefässbildung beginnt hier auf 17—27 peripherischen Puncten, wobei sich oft 2 – 3 Vasalreihen nach innen vereinigen. Zwischen den ursprünglichen Vasalsträngen bleiben zuletzt eben so viele Cambiformstränge zurück. Das ganze von dem Fibrovasalring eingeschlossene Gewebe wird zu Holz, in welchem zuweilen noch ein centrales Vasalbündel sich bildet.

Pandanus odoratissimus Lin. fil.

Einem dritten Typus gehören die Wurzeln von Pandanus an. Das von der sehr dicken lederartigen Wurzelhaube bedeckte Urmeristem hat die Gestalt einer flachen Kugelcalotte. Die Umwandlung von Urmeristem in Folgemeristem geht vorzüglich von der Oberfläche nach innen und von dem Centrum nach aussen, so dass man dicht hinter der Spitze noch auf eine sehr kurze Strecke zwischen dem dunkeln Mark- und Rindengewebe eine graue Zone (die Fortsetzung des apicalen Urmeristems) wahrnimmt, welche ohne Zweifel dem sogenannten Verdickungs- oder Cambiumring der Palmen entspricht. Gleichzeitig mit der Bildung des Markes geht auch die Ausscheidung der in demselben befindlichen zahlreichen und zerstreuten Cambiumstränge vor sich. Man kann das Fortschreiten dieser Differenzirung genau verfolgen. Einzelne Partieen des grauen Urmeristems werden zu hellen Cambiumsträngen, während das übrige Gewebe durch Ausscheidung von Luft in die Intercellulargänge zu dem dunklern Folgemeristem sich umwandelt, welches von innen nach aussen hin vorrückend die Cambiumbündel allmälig umschliesst. In dieser Weise verschwindet das zwischen Mark und Rinde anfänglich befindliche Urmeristem sehr bald. Dasselbe vermehrt sich lebhaft durch Theilung in allen Richtungen des Raumes, während das Folgemeristem sich zuerst überwiegend und später ausschliesslich durch Querwände, das Cambium vorzugsweise durch Längswände theilt.

Digitized by Google

Die Cambiumbündel im Innern des Markes zeigen ein beträchtliches Dickenwachsthum, und dabei zerfällt jedes in mehrere getrennte Stränge. Dieses Zerfallen geschieht dadurch, dass querüber liegende Streifen ihre Zellen nicht mehr durch Längs- sondern durch Querwände theilen und sich so in Parenchym umwandeln, welches grossmaschiger wird mit Luft in den Intercellularräumen, und bald von dem umgebenden Parenchym nicht mehr unterschieden werden kann. Häufig schneiden sich die auf einander folgenden Parenchymwände mehr oder weniger rechtwinklig, so dass aus einem ursprünglichen Cambiumstrang sich zunächst 2, dann 4, zuletzt bis auf 12 und mehr Stränge entwickeln. Die zuerst gebildeten Parenchymwände sind breit und von dem umgebenden Gewebe kaum unterscheidbar, so dass man späterhin oft kaum mehr erkennt, welche Fibrovasalstränge zusammengehören und aus einem gemeinsamen Cambiumbündel entsprungen sind. Die spätern Wände dagegen werden dünner, und zeigen mehr und mehr ein markstrahlenartiges Aussehen. — Dieser Prozess beginnt, wie die Anlegung der Cambiumstränge, im Mittelpunct der Wurzel und bewegt sich nach aussen. Die centralen Cambiumstränge haben sich je in 4 getheilt, ehe nur die peripherischen in gleicher Höhe angelegt sind.

Nach dem Zerfallen der Cambiumstränge und noch gleichzeitig mit den letzten Stadien desselben beginnt die Ausbildung der Gefässe. Alle aus einem ursprünglichen Strang hervorgegangenen Theile zeigen in dieser Beziehung ihre Zusammengehörigkeit. Es entstehen nämlich an 3, 4 oder 5 Puncten, welche ziemlich regelmässig an der Peripherie des ganzen Strangcomplexes vertheilt sind, Gruppen von kleinen Gefässen (ursprüngliche Vasalstränge). Von da aus schreitet die Bildung von grössern und zerstreut liegenden Gefässen nach innen und zur Seite hin fort. Daher kommt es, dass von allen zu einem Complex gehörenden Fibrovasalbündeln nur die Einen ursprüngliche Vasalstränge und ausser denselben 1—3 zerstreute grosse Gefässe besitzen, während die Uebrigen nur mit den Letztern begabt sind. Gewöhnlich entsprechen die 4 ursprünglichen Vasalbündel den 4 Partieen, welche aus der ersten kreuzweisen Theilung entstanden sind.

Uebrigens hat der Complex von Fibrovasalsträngen, der einem ursprünglichen Cambiumbündel entspricht, einen sehr complicirten und schwer zu entwirrenden Bau. Die Hauptmasse besteht aus Holzzellen. In den Parenchymwänden kommen kleine Baststränge vor. Ebenfalls in den Parenchymwänden, mehr noch aber eingebettet in die oberflächliche Substanz der einzelnen Fibrovasalbündel und zwar auf allen Seiten derselben, finden sich Holzbündel, bestehend aus engmaschigern und gewöhnlich etwas dickwandigern Zellen, welche meist ringförmig, zuweilen auch hufeisenförmig eine kleine Gruppe von Cambiform umschliessen. Sie bezeichnen die Heerde der Zellbildung, welche zuletzt noch in dem ganzen Complex thätig waren. Die Verholzung in ihnen beginnt ringsum an der Peripherie und schreitet nach innen hin fort.

Die Complexe von Fibrovasalbündeln sind im Centrum der Wurzel am zusammengesetztesten; sie werden nach aussen hin einfacher. Aus den Cambiumsträngen, die in geringer Entfernung von der Peripherie liegen, gehen in der

Digitized by Google

Regel nur 2 Hauptgruppen mit 2 ursprünglichen Vasalsträngen oder selbst nur 2 Fibrovasalstränge hervor.

Eigenthümlich verhält sich die peripherische Schicht von Cambiumsträngen. Jeder derselben verlängert sich in radialer Richtung sehr bedeutend, und theilt sich durch tangentiale Parenchymwände in eine Reihe von 2—4 Strängen. Die Theilung beginnt auf der innern Seite und geht nach aussen. Die innern Bündel einer Reihe sind ziemlich isodiametrisch, während die äussern noch ungetheilten Stränge fortwährend verlängert bleiben. Eine Theilung durch radiale Parenchymwände mangelt gänzlich.

Die peripherischen Cambiumstränge verhalten sich alternirend ungleich. In den Einen beginnt die Gefässbildung aussen und schreitet nach innen hin fort. Man sieht zunächst innerhalb der Oberfläche einen ursprünglichen Vasalstrang, bestehend aus einer Gruppe kleiner Gefässe; darauf folgt in radialer Richtung eine Reihe von meistens etwas entfernt stehenden grossen Gefässen. Die übrigen Elemente dieser Cambiumstränge bilden sich zu Holzzellen um. — Die mit den eben genannten peripherischen Fibrovasalsträngen alternirenden Fibralstränge bilden keine Gefässe. Statt derselben findet man in dem Holz, in das sich ihr Cambium umgewandelt hat, 1 — 3 in der Mittellinie hinter einander liegende kleine Cambiformstränge; ein grösserer Cambiformstrang befindet sich an der äussern Seite des Fibralbündels in einer rinnenförmigen Vertiefung desselben. — Wie die peripherischen Stränge verhalten sich auch die einwärts von ihnen liegenden und zu ihnen gehörenden Stränge, welche sich aus der gleichen Cambiummasse ausgeschieden haben. Sie enthalten, die Einen ein centrales grosses Gefäss, die Anderen eine centrale Cambiformgruppe. In den Parenchymwänden zwischen diesen Strängen kommen einzelne Baststränge vor.

Da die peripherischen Stränge sich in dem Längsverlauf vermehren und vermindern (in einer Wurzel von 42 M. M. Dicke fanden sich im Ganzen 500—650), so sieht man auch auf dem Querschnitt die Uebergangsstadien: nämlich Fibralstränge mit 2 Cambiformgruppen an ihrer Aussenseite und zuweilen mit einer Vasalgruppe dazwischen; ferner Fibrovasalstränge mit 2 ursprünglichen Vasalgruppen und einer Cambiformgruppe dazwischen, oder Fibrovasalstränge mit 2 seitlichen Cambiformgruppen an der Oberfläche.

Noch sind die Baststränge zu erwähnen, welche durch das ganze Markparenchym (zwischen den Complexen von Fibrovasalsträngen) und durch das Rindenparenchym zerstreut liegen. Die Cambiumstränge, aus denen sie entstehen, bilden sich auf dem ganzen Querschnitt der Wurzel fast gleichzeitig. Diess geschieht erst einige Zeit, nachdem das Cambium für die Fibrovasalstränge sich ausgeschieden hat: im Innern des Markes nämlich, wenn die Stränge des Fibrovasalcambiums sich schon ziemlich getheilt haben, — und in der Rinde, bald nachdem die peripherischen Stränge des Markes aufgetreten sind.

Das Bastcambium entspringt aus dem parenchymatischen Folgemeristem, bald aus einer einzigen bald aus einigen wenigen Zellen des Querschnittes. Die Vereinigung zweier Bastbündel ist nicht selten; man sieht alle Stadien derselben.

Digitized by Google

Die Verdickung der Zellwandung ist auf dem Querschnitt eines Baststranges nicht vollkommen gleichzeitig, geht aber doch ziemlich rasch zu Ende. Mit Rücksicht auf ihre räumlichen Verhältnisse (wo die Verholzung beginnt, wo sie aufhört und welchen Weg sie einschlägt) giebt es keine constanten Regeln. — Die Bastbildung macht die Rinde in 2 Zonen zerfallen, eine äussere bastlose, und eine innere bastführende. In letzterer sind die Stränge überall ziemlich gleich häufig; nur nehmen sie von aussen nach innen an Grösse zu.

Vergleichen wir nun, nach Betrachtung der Entwicklungsgeschichte der einzelnen Theile, ihr gegenseitiges Verhältniss, so finden wir mit Rücksicht auf den ganzen aus einem ursprünglichen Cambiumstrang des Markes hervorgegangenen Complex von Strängen sammt den umliegenden Theilen Folgendes. Zuerst verholzen die den Complex umgebenden, dann die in demselben eingeschlossenen Bastbündel. Darauf folgen die 3—5 ursprünglichen Vasalstränge; und unmittelbar nachher beginnt die Verholzung an dem Umfange der kleinen und kleinmaschigen Holzbündel, welche jetzt noch Cambium, später Cambiform einschliessen. Zuletzt bilden sich die grossen Gefässe und die sie umschliessenden Holzzellen aus.

Auf dem ganzen Querschnitt der Wurzel sind es zuerst die Bastbündel, welche verholzen, und zwar folgen sie von aussen nach innen rasch auf einander. Ehe die innersten Baststränge entwickelt sind, beginnt dann die Ausbildung der Gefässe in den peripherischen Cambiumsträngen des Markes. Die übrigen ursprünglichen Vasalstränge werden nun, ebenfalls ziemlich rasch von aussen nach innen fortschreitend, auf dem ganzen Querschnitt sichtbar. Auch die ganze übrige Ausbildung der Fibrovasalstränge und ihrer Theile ist an der Peripherie etwas früher als im Centrum.

Noch ist zur Vervollständigung des Bildes zu bemerken, dass das Gewebe des Markes, nach dem Auftreten der ursprünglichen Cambiumstränge, auf dem Querschnitte sich nur sehr wenig vermehrt; dass das Nämliche mit der äussern Rinde der Fall ist, während die innere etwas stärker zunimmt; dass dagegen im Mark- und Rindenmeristem sehr zahlreiche Querwände auftreten. — Eine eigenthümliche Grenzzellschicht mit einwärts verdickten Wandungen schliesst die Rinde gegen das Mark hin ab. Innerhalb dieser Grenzschicht und ausserhalb der peripherischen Fibrovasalstränge finden sich 3—4 Schichten von dünnwandigen, tangential-verlängerten Zellen. — In Mark und Rinde kommen einzelne grosse und sehr lange Zellen mit Rhaphidenbündeln vor; sie haben die Länge von 10—40 Parenchymzellen. — Ringförmiges Periderm schneidet die äussere Rinde als Borke ab. Die Peridermzellen bilden wie gewöhnlich radiale Reihen; zeichnen sich aber dadurch aus, dass je die innerste etwas grössere Zelle einer solchen Reihe ihre innere und ihre Seitenwandungen verdickt.

Digitized by Google

Nachdem ich das Dickenwachsthum der Organe mit Rücksicht auf die Vertheilung und Folge der Fibrovasalmassen auf dem Querschnitt betrachtet habe, will ich in gleicher Weise das Längenwachsthum untersuchen. Es handelt sich also darum, wie die Fibrovasalmassen, namentlich die Stränge von dem Grunde bis zur Spitze eines Organs angeordnet sind, wie sie in dieser Richtung auf einander folgen, und wie sie in die Länge wachsen.

Beim Wachsthum haben wir dreierlei Prozesse zu unterscheiden, 1) das Auftreten des Cambiums, 2) die Verholzung der Cambiumzellen, 3) die Streckung derselben. So weit ich die Entwicklungsgeschichte kenne, so sind diese drei Prozesse immer in Uebereinstimmung, folgen regelmässig auf einander und bewegen sich daher nach der nämlichen Richtung. Derjenige Theil einer Fibrovasalmasse, welcher früher als Cambium angelegt wird, bildet auch früher seine Zellen aus, und erreicht früher seine vollständige Ausdehnung. Ich kenne keine Fibrovasalstränge, deren Cambium nach einer Längsrichtung hin angelegt würde, während die später eintretende Verholzung in umgekehrter Richtung sich bewegte. Es sind aber nicht alle Entwicklungsvorgänge mit gleicher Leichtigkeit zu erkennen; namentlich ist das erste Auftreten des Cambiums oft beinahe unzugänglich. Dagegen kann das Erscheinen der ersten Gefässe als ein deutliches und leicht zu controlirendes Merkmal bezeichnet werden. Wenn ich daher in der Folge von den Fibrovasalsträngen sage, dass sie nach oben oder nach unten wachsen, oder dass sie überall gleichzeitig angelegt werden, so verstehe ich darunter, dass ihre ersten Gefässe von unten nach oben oder umgekehrt, oder in der ganzen Länge gleichzeitig sichtbar werden.

Die Wurzeln, cylindrische Organe, an welchen vor der Cambiumbildung keine seitlichen Organe auftreten, zeigen einen ziemlich streng parallelen Verlauf der Fibrovasalmassen und ihrer Theile, welche am untern (apicalen) Ende sich verlängern. Nur an der Abgangsstelle eines Wurzelastes sind die Stränge des Letztern von dem Puncte, wo sie an die Längsstränge sich anlegen, bis da, wo sie die Hauptwurzel verlassen, in querer Richtung gelagert; und ausserdem können zwischen Beiden Verbindungsbündel vorkommen.

Bei den Dicotyledonen, wo die Gefässbildung mit 2, 3 oder 4 ursprünglichen Vasalsträngen anhebt, scheinen die Letzteren ohne Unterbruch und Störung durch die ganze Wurzel zu verlaufen. Dasselbe ist ohne Zweifel auch bei den Monocotyledonenwurzeln mit gleicher Zahl von ursprünglichen Vasalbündeln der Fall; wird aber ihre Zahl beträchtlicher, so variirt sie in verschiedener Höhe. Gewöhnlich beobachtet man, dass mit dem Dickerwerden der Wurzel die Menge der in einen Kreis gestellten peripherischen Vasalstränge und der mit ihnen alternirenden Cambiformstränge zunimmt, mit dem Dünnerwerden abnimmt. Damit ist bald eine Theilung oder Vereinigung, bald ein freies Auftreten und Verschwinden der einen und andern Stränge verbunden. Der centrale Vasalstrang in den Wurzeln von Curculigo verschwindet stellenweise und erscheint wieder. Das Nämliche ist mit den Fibrovasalsträngen innerhalb des Fibrovasalringes von Chamae-

Digitized by Google

dorea der Fall; wenn sie endigen, so verschwinden zuerst die Gefässe, und es bleibt noch eine Strecke weit ein blosser Fibralstrang übrig.

In der Wurzel von Pandanus gehen ausser den Veränderungen der peripherischen Vasal- und Cambiformstränge, welche sie mit den andern Monocotyledonen gemein haben, mannigfaltige andere, aber immer sehr langsame Veränderungen vor. Die Complexe von Fibrovasalsträngen im Innern, welche je aus einem ursprünglichen Cambiumbündel entstanden sind, wechseln in ihrer Zusammensetzung, in der Zahl ihrer Parenchymwände, ihrer Vasal-, Cambiform- und Baststränge. Sowohl unter den Fibrovasalsträngen als unter den Baststrängen des Markes und der Rinde finden Vereinigungen und Trennungen statt.

Bei gleicher Form unterscheiden sich die Stengel von den Wurzeln dadurch, dass sie seitliche Organe (die Blätter) erzeugen, ehe die Cambiumbildung in ihnen auftritt. Daher rührt es, dass einerseits die Cambium- und die aus ihnen hervorgehenden Fibrovasalstränge des Stengels in bestimmten Beziehungen zu den Blättern stehen, und dass anderseits an den Stellen, wo die Blätter befestigt sind (in den Knoten), verschiedene Störungen im Längsverlauf der Stränge stattfinden.

Das Verhältniss der Fibrovasalstränge des Stengels zu denen der Blätter war schon lange ein Problem der Pflanzenphysiologen. Indess wurde erst von Mohl dasselbe für die Palmen durch wirkliche Beobachtungen entschieden. Ich zeigte dann durch Untersuchungen der Stammspitze, dass die Dicotyledonen und Gefässcryptogamen, was die Laubregion betrifft, mit den Monocotyledonen übereinstimmen, dass auch bei ihnen der Stengel in der Laubregion keine eigenen, an der Spitze unbegrenzt fortwachsenden Fibrovasalstränge besitzt, sondern dass dieselben in die Blätter ausbiegen (Zeitschrift f. wiss. Bot. 1847). Diese Thatsache wurde von Hanstein bestätigt, von Andern dagegen theils bestritten, theils unberücksichtigt gelassen. Indess lässt sich nichts leichter und sicherer darthun, sowohl aus dem anatomischen Verhalten, als aus der Entwicklungsgeschichte des einzelnen Stranges und der Aufeinanderfolge aller Stränge.

Die Fibrovasalstränge in den Stengeltheilen und Blättern sind dreierlei Art: solche die beiden Organen angehören, indem sie ihren untern Theil im Stengel, ihren obern im Blatte haben, und die wir desshalb als gemeinsame bezeichnen müssen, und solche die dem einen oder andern Organ ausschliesslich angehören und die wir als stammeigene und blatteigene unterscheiden können. Berücksichtigen wir zuerst bloss im Allgemeinen die Vertheilung der 3 Arten von Fibrovasalsträngen, so ergiebt sich Folgendes. Die zuerst entstehenden und am stärksten sich ausbildenden in Blättern und Stengeln sind bei allen Gefässpflanzen gemeinsame; erst später kommen gewöhnlich zu denselben stammeigene und blatteigene hinzu. Diese Regel gilt überall, wo die Blätter Fibrovasalstränge enthalten; eine Ausnahme machen jedoch die Marsileaceen und Polypodium, ferner Myriophyllum, Hippuris, Callitriche, wo ausser den gemeinsamen schon von Anfang an auch stammeigene Stränge vorkommen. — Wenn aber die Blätter gefässlos sind, so werden auf längern Strecken oder überall nur stammeigene Stränge erzeugt. In der Laubregion kommt Letzteres sehr selten vor (z. B. bei

Digitized by Google

Psilotum); schon häufiger finden wir es in der Niederblattregion und am häufigsten in der Hochblattregion, weil hier die Blätter öfter als anderswo verkümmern und bloss aus Zellgewebe zusammengesetzt sind. — Sind die Blätter in einem oder in mehrern successiven Quirlen sehr gedrängt beisammen, so besitzen oft einzelne oder mehrere derselben bloss blatteigene Stränge, die von denjenigen anderer Blätter entspringen. In der Laubregion ist diese Erscheinung selten (Myriophyllum, Hippuris), in den Blüthen dagegen häufig.

Verfolgen wir die Entwicklungsgeschichte eines Stengels bei der Keimung oder eines Astes von der ersten Anlage aus, so sehen wir, dass sich seitlich unter dem Scheitel desselben Blattanlagen bilden. Dann tritt ein Fibrovasalstrang (zuweilen sind es auch 2) auf, welcher von dem Grunde des Stengeltheiles bis in die Spitze des ersten Blattes reicht. Darauf wird ein zweiter sichtbar, welcher ebenfalls durch den Stengel geht und in das zweite Blatt ausbiegt. Nachher erhalten das dritte, vierte, fünfte und alle übrigen in gleicher Weise ihren Fibrovasalstrang. — In der Terminalknospe finden wir daher immer in einer Höhe, wo die Blattanlagen noch aus Zellgewebe bestehen, auch in dem Stengel keine Fibrovasalstränge; und sein oberster Strang endigt immer in ein Blatt.

Manchmal erhalten die Blätter nur einen Strang aus dem Stengel, welcher ihren Mittelnerv darstellt. Zuweilen bekommen sie deren gleichzeitig 2, neben der Medianlinie liegende. Sehr häufig treten 3 oder mehr, selbst sehr zahlreiche Stränge aus dem Stengel in das Blatt ein, welche in bestimmter Ordnung auf einander folgen; die letzten bilden sich zuweilen erst, wenn mehrere der obern Blätter bereits ihre mittlern Stränge erhalten haben.

In der Keimpflanze reichen die Fibrovasalstränge der untersten Blätter bis an den Grund des Stengelchens, um daselbst in eine einzige Masse zu verschmelzen. Die Stränge der untersten Blätter eines Astes treten in den Stamm oder Hauptast ein, um sich daselbst entweder sogleich oder weiter unten an dessen Stränge anzulegen. Diejenigen aller übrigen Blätter reichen mehr oder weniger tief in ihrem Stengeltheil abwärts, bis sie sich mit Strängen, die in untere Blätter ausgehn, vereinigen.

So enthalten also der Stengeltheil und das Blatt zuerst bloss gemeinsame Fibrovasalstränge, welche in dem erstern von unten nach oben eine sympodiumartige Anordnung haben. Zuweilen hat die Strangbildung damit ihr Ende erreicht; gewöhnlich folgen nun aber in grösserer oder geringerer Menge noch die blatteigenen und die stammeigenen Stränge nach. Was die Letztern betrifft, so sind sie anfänglich immer solche, welche zwischen den ursprünglichen (gemeinsamen) Strängen schief verlaufen, und dieselben vorzugsweise in tangentialer Richtung zu einem Netz mit lang gezogenen Maschen vereinigen. Später bilden sich bei mehrern Gewächsen (Phytolacca, Cocculus, Pandanus) noch fortwährend stammeigene Stränge, welche ausserhalb der frühern liegen, und in der Regel schon bei ihrem Entstehen zu verlängerten Maschen verbunden sind.

Ueber das Längenwachsthum der Fibrovasalstränge des Stengels wurden bisher verschiedene Ansichten ausgesprochen. Nach der gewöhnlichen Ansicht

Digitized by Google

sollten sie von unten nach oben, nach Andern von oben nach unten wachsen; und es fehlte selbst nicht an vermittelnden Stimmen, welche das Wachsthum zugleich nach oben und nach unten gehen liessen. Ein allgemein gültiges Gesetz giebt es nicht. Wir müssen genau zwischen den verschiedenen Arten von Strängen und zwischen den verschiedenen Pflanzen unterscheiden.

Für die gemeinsamen Fibrovasalstränge der Laubregion von Dicotyledonen und Coniferen kann es als Regel ausgesprochen werden, dass sie an der Grenze ihrer beiden Hälften (an der Stelle, wo sie in das Blatt ausbiegen) sich zu bilden anfangen, dass sie von da in dem Stengel nach unten und in dem Blatt nach oben wachsen. Die Verlängerung geht zwar rasch von statten; dennoch lässt sie sich in allen Stadien des Fortschrittes beobachten, namentlich was die Gefässbildung betrifft. Es giebt in der Stammspitze gemeinsame Cambiumstränge, in denen erst ein einziges Gefäss, und zwar an der Ausbiegungsstelle sichtbar ist; ferner Stränge, deren Stengeltheil oben entwickelte Gefässe besitzt, etwas tiefer ein unentwickeltes Gefäss zeigt, und weiter unten noch bloss aus Cambium besteht. Längs- und successive Querschnitte geben darüber sichern Aufschluss. — Die allgemeine Regel wird nicht gestört durch eine Erscheinung, die man seltner wahrnimmt. Wenn ein Fibrovasalstrang sich in einem untern Knoten an die Biegungsstelle eines Andern anlegt, so entstehen hier in einzelnen Fällen einige Gefässe, ehe die herabsteigende Gefässbildung diese Stelle erreicht hat. Für diese Fälle könnte man also sagen, dass der Stengeltheil eines Stranges von oben nach unten, an der Basis aber von unten nach oben sich entwickele.

Ich habe das Abwärtswachsen der gemeinsamen Fibrovasalstränge an folgenden dicotyledonen Pflanzen sicher beobachtet: Phaseolus, Lathyrus, Medicago, Lupinus, Sarothamnus, Prunus, Tropaeolum, Euphorbia, Mercurialis, Aesculus, Acer, Dianthus, Spergula, Cerastium, Passiflora, Viola, Iberis, Clematis, Ribes, Ampelopsis, Vitis, Aralia, Anagallis, Achimenes, Tecoma, Russelia, Antirrhinum, Scopolina, Stachys, Vinca, Fraxinus, Jasminum, Sambucus, Galium, Othonna, Centranthus, Aristolochia, Humulus, Urtica, — ebenso bei Pinus, Cupressus. — Die Theorie von Schacht, dass die Gefässbündel im Keim unterhalb der Plumula entspringen, dass sie sich fernerhin nur aus sich selbst, durch Zweigbildung vermehren können, und desshalb ein zusammenhängendes System bilden, welches die Pflanze bis in die Blätter, Blüthen u. s. w. durchziehe (Anat. u. Phys. I, 307), entbehrt daher aller Begründung. Das Netz ist zwar vorhanden, entsteht aber nicht durch Verzweigung.

Für die Monocotyledonen mangeln mir zahlreichere Beobachtungen. Im Stengel von Chamaedorea und Cordyline giebt es Fibrovasalstränge, die ebenfalls an der Stelle, wo sie in das Blatt ausbiegen, sich zu bilden anfangen, und von da ihr Wachsthum nach oben in das Blatt, nach unten durch den Stamm fortsetzen; aber die Verlängerung nach unten scheint noch bedeutend rascher von statten zu gehn, als bei den Dicotyledonen. Einige Beobachtungen scheinen dafür zu sprechen, dass andere Stränge auch von unten nach oben angelegt werden, wenn nicht etwa eine ungleichmässige und unregelmässige Ausbildung dabei im Spiele ist. —

Digitized by Google

Die gemeinsamen Stränge der Laubregion von Myriophyllum beginnen ebenso an der Ausbiegungsstelle, und verlängern sich von da rasch durch das Stengelglied nach unten und durch das Blatt nach oben.

Bei Equisetum, wo die Fibrovasalstränge nur bis zum nächst untern Knoten reichen, bildet sich der mitten im Internodium befindliche Theil zuerst, und erst später das untere Ende sowie die obere im Blatt liegende Hälfte. — Bei den Marsileaceen dagegen wachsen die Stränge des Stengels, welche in die Blätter ausgehen, ausschliesslich von unten nach oben.

Die gemeinsamen Fibrovasalstränge haben bei den Phanerogamen, so weit sie im Stengel liegen, in verschiedener Höhe eine ungleiche Zusammensetzung, wie das aus den Untersuchungen von Mohl an Palmen, und von Hanstein an Arabis bereits bekannt ist. Die Veränderungen bestehen im Allgemeinen darin, dass der Vasaltheil des gleichen Stranges von oben nach unten an Mächtigkeit abnimmt, dass oben fast ausschliesslich oder vorherrschend abrollbare Gefässe vorkommen, dass dieselben nach unten allmälig verschwinden und dass in dem untersten Theil nur noch poröse Gefässe vorhanden sind. Wie der Vasaltheil nach unten sich verhältnissmässig vermindert, so vermehrt sich dagegen der Fibraltheil, und kann auch zuletzt allein übrig bleiben.

Diese beiden Thatsachen bezüglich des von oben nach unten fortschreitenden Wachsthums und der von oben nach unten sich ändernden Zusammensetzung der gemeinsamen Fibrovasalstränge (so weit sie im Stengel liegen) gelten als Regel, wie ich glaube, für alle Dicotyledonen und Monocotyledonen. Sind aber die Blätter überall oder streckenweise bloss aus Zellgewebe gebildet, so finden Abweichungen statt, welche theils darin bestehen, dass die Stränge des Stengels wirklich von unten nach oben wachsen, theils darin, dass sie im ersten Stadium stückweise erscheinen und erst im zweiten einen ununterbrochenen Faden bilden, theils endlich darin, dass sie entweder keine oder dann anderweitige Modificationen in ihrem Bau zeigen. Es mangeln mir die zu allgemeinen Regeln nothwendigen Beobachtungen für dieses abweichende Verhalten, welches namentlich in den Blüthenständen nicht sehr selten ist. Indessen zeigt sich auch hier in verschiedenen Erscheinungen eine Annäherung an die in der Laubregion geltenden Regeln. Dahin gehört z. B., dass bei den Cruciferen die Fibrovasalstränge der in der Entwicklung begriffenen Blüthenspindel, statt in derselben fortzuwachsen, in die seitlichen Blüthen ausbiegen, so dass also hier die Blüthenknospen ganz die Rolle spielen wie die Blattanlagen in der Laubregion. Wir können daher die allgemeine Regel wohl so aussprechen, dass die ersten Fibrovasalstränge jeder Region eines Stengeltheils immer in die seitlichen Organe austreten, wenn dieselben sich rascher entwickeln als der Stengeltheil selber.

An das gewöhnliche Verhalten, jedoch mit einer bemerkenswerthen Abweichung, schliessen sich einige Wasserpflanzen an (Hippuris, Myriophyllum, Callitriche). Dieselben haben statt des Markes einen Fibrovasalcylinder, welcher an der Spitze in gleichem Maasse wie der Stengel ununterbrochen und unbegrenzt fortwächst. Etwas unterhalb seiner Spitze legen sich die in die Blätter ausgehenden

Digitized by Google

Stränge an, welche, wie ich bereits angeführt habe, ebenfalls an der Ausbiegungsstelle sich zu bilden anfangen, rasch nach unten wachsen, und sich am Grunde des Internodiums oder auch schon höher mit dem Fibrovasalcylinder vereinigen. — Vielleicht steht dieses Verhalten mit der verhältnissmässig langsamen Ausbildung der Blätter, die namentlich bei Myriophyllum und Hippuris auffallend ist, im Zusammenhang.

Eine andere nicht minder merkwürdige Abweichung kommt bei den Marsileaceen vor, und hängt mit der eigenthümlichen Blattstellung zusammen. Der kriechende Stengel bildet nur an der obern Seite Blätter, an der untern Seite Wurzeln. Dem entsprechend verhält sich seine obere Hälfte wie ein beblätterter Stammtheil, indem die gemeinsamen Fibrovasalstränge in die Blätter ausbiegen und von denen der Phanerogamen nur darin verschieden sind, dass auch ihr Stengeltheil von unten nach oben wächst. Die untere, dem Boden zugekehrte (blattlose) Hälfte stimmt mit den Wurzeln überein; in derselben wachsen 2 stammeigene Stränge ununterbrochen fort. — Aehnlich verhält sich Polypodium vulgare Lin.

Wie verhält sich die Stellung der Blätter zu der Anordnung der Fibrovasalstränge im Stengel? Diese Frage hat bis jetzt vorzüglich zwei Beobachter Lestiboudois und Hanstein beschäftigt; sie war auch eine Hauptaufgabe meiner eigenen Untersuchungen. Lestiboudois (Ann. sc. nat. S. III. T. 10) geht von der Annahme aus, dass die Gefässbündel des Stengels es sind, welche die Blätter erzeugen, indem in der Regel je zwei derselben an ihren zugekehrten Seiten Stränge abgeben, die sich mit einander vereinigen und in das Blatt eintreten. Er unterscheidet demnach faisceaux réparateurs und faisceaux foliaires. Indessen existiren die faisceaux réparateurs nur in der Idee des Verfassers, welcher sie nach Erforderniss unter sich und mit den faisceaux foliaires verschmolzen sein, sich theilen (dédoubler) und abortiren lässt. Es versteht sich, dass damit Alles erklärt werden kann, dass aber auch die Entwicklungsgeschichte der ersten besten Pflanze das ganze künstliche Gebäude umstürzt.

Der Ausspruch von Lestiboudois, dass die Blattstellung nichts anders als der Ausdruck der Vertheilung der Fibrovasalstränge im Stengel sei, dass beide somit genau mit einander übereinstimmen, musste vermittelst einer andern Methode geprüft werden. Hanstein, welcher gleichzeitig mit meinen eigenen Untersuchungen sich dieser Aufgabe unterzog, ist zu einem ähnlichen allgemeinen Resultate gelangt wie Lestiboudois. Derselbe (Monatsbericht der k. Akad. d. Wiss. zu Berlin, 5. Febr. 1857 und Jahrbücher für wiss. Bot. I, 233) sagt, die spezifische Blattstellung jeder Pflanze werde durch die Anordnung der Blattspuren d h. der gemeinsamen Fibrovasalstränge) fixirt und beschränkt, und die Höhe

Digitized by Google

des Divergenzbruches hänge von der Zahl der nebengeordneten Stränge ab, und er meint selbst, dass aus der Anatomie, welche uns eben ohne Weiteres in Horizontalprojection zeige, was äusserlich kaum ohne möglichen Irrthum abgeschätzt werden könne, mit viel grösserer Sicherheit auf die wirkliche Position der Blätter sich schliessen lasse.

Da die gemeinsamen Stränge des Stengels in bestimmter und regelmässiger Weise in die Blätter ausbiegen, so ist vor Allem aus sicher, dass zwischen ihrer Anordnung und zwischen der Blattstellung gewisse innige Beziehungen bestehen. Es ist aber eine andere Frage, ob die von Hanstein behauptete Identität vorhanden sei. Meine Untersuchungen beweisen in letzterer Beziehung das Gegentheil. Die Fibrovasalstränge haben innerhalb gewisser Grenzen eine von den Blättern unabhängige und selbständige Anordnung. Die Abweichung kann selbst so weit gehen, dass beide total verschiedene Lagerungsverhältnisse zeigen. Ehe ich den Beweis antrete, muss ich eine Bemerkung über die Phyllotaxis vorausschicken.

Ich unterscheide 3 verschiedene Arten (oder Stadien) der Blattstellung. Die erste kommt an dem entwickelten Stengel vor; die zweite in der Knospe, sobald die Blätter sichtbar werden; die dritte berücksichtigt die Puncte, welche dieselben bei der allerersten, der Beobachtung unzugänglichen Anlegung eingenommen haben mögen.

Die ersten beiden Blattstellungen gehören dem ersten und letzten Stadium an, welches mit Sicherheit durch sinnliche Wahrnehmung ermittelt werden kann. Sie stimmen sehr häufig nicht mit einander überein, und zeigen die Veränderungen, welche mit der Stengeloberfläche rücksichtlich der gleichen oder ungleichen Flächenzunahme ihrer einzelnen Partien vor sich gehen. — Die Blätter rücken nicht bloss in verticaler Richtung aus einander, sondern verändern auch ihre Horizontalabstände. Die Ursachen davon liegen theils in dem ungleichen Wachsthum der verschiedenen Internodien und verschiedenen Stengelseiten, theils in Drehungen und Biegungen des Stengels.

Blätter, die im Knospenzustande spiralständig sind und gleiche Abstände zeigen, können dadurch, dass abwechselnd ein Internodium sich streckt und 1 oder mehrere verkürzt bleiben, eine paarige oder Quirlstellung annehmen. Dabei verändern sich auch ihre Divergenzen mehr oder weniger und werden nach Erforderniss grösser oder kleiner, um die gleichmässigen Entfernungen zwischen den Elementen des gleichen Quirls herzustellen.

Sehr häufig sind die Spiralstellungen im Knospenzustande verschieden von denjenigen am ausgebildeten Stengel, weil der Letztere sich mehr oder weniger gedreht hat. Wenn die Stengeloberfläche durch Kanten oder Furchen gezeichnet ist, so erkennt man die Drehung leicht. Bei glatter cylindrischer Oberfläche lässt sie sich nur aus der veränderten Blattstellung darthun. Es ist nicht sehr selten, dass die Blätter an der entwickelten Pflanze deutlich die Stellungsverhältnisse $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$ zeigen, während wir in der Terminalknospe weder das 4., noch das 6., noch das 9. Blatt senkrecht über dem ersten finden und daher auf $^5/_{13}$, $^8/_{21}$ oder eine noch complizirtere Stellung schliessen.

Digitized by Google

Wir können daher nie an dem ausgebildeten Zweig mit Sicherheit die ursprünglichen Stellungsverhältnisse erkennen. Wir müssen davon, abgesehen von den genannten leicht zu constatirenden Thatsachen, zum voraus schon überzeugt sein, wenn wir bedenken, dass Drehungen eine so ganz allgemeine Erscheinung sind, und dass schon die geringsten Drehungen die Stellung der Blätter verändern. Wenn z. B. auf die ganze Länge eines jeden Internodiums nur eine Abweichung von $^1/_{65}$, $^1/_{104}$, $^1/_{273}$, $^1/_{442}$ des Umfanges statt hat, so verwandelt sich $^5/_{12}$ in $^2/_5$, $^3/_8$, $^8/_{21}$, $^{13}/_{34}$. Aehnlich wie die Drehung wirkt auch das ungleichseitige Wachsthum der Stengelglieder, welches eben so häufig vorkommt.

Die Blattanlagen der Phanerogamen und der meisten Gefässcryptogamen lassen sich nicht bis zur ersten Zelle zurück verfolgen. Sie werden erst in einiger Entfernung von dem Scheitelpunct des Stengeltheils als vielzellige Warzen sichtbar, die sich über die Oberfläche erheben. Es ist möglich, dass diese Zellgewebshügel sich noch in der nämlichen gegenseitigen Lage befinden, wie sie ursprünglich gebildet wurden; es ist aber eben so wohl gedenkbar, dass sie ihre Stellung geändert haben. Bei der Kürze der Internodien könnte die Lageveränderung nicht eine Folge von Drehung, wohl aber von stellenweise vermehrter Zellbildung und stärkerer Zellenausdehnung sein. — Wir können also neben den beiden wirklichen Blattstellungen, die der Beobachtung und Messung zugänglich sind, noch eine hypothetische unterscheiden; es ist diejenige, welche vorzüglich das Ziel der Morphologen ist, und für welche von denselben gewichtige Gründe beigebracht werden. Es scheint mir aber, dass man bisher allzuwenig zwischen den 3 vorhin angeführten Blattstellungen unterschieden hat, und dass eine strenge Sonderung derselben geeignet wäre, über die Zulänglichkeit der bisherigen Methoden einiges Licht zu verbreiten.

Für die Berechtigung zu der Annahme einer besondern genetischen Blattstellung, wie ich sie am liebsten im Gegensatz zu den beiden andern nennen möchte, scheinen mir namentlich folgende Thatsachen zu sprechen. Die wirklichen Stellungsverhältnisse lassen sich auf kein allgemeines einheitliches Prinzip zurückführen, dessen Existenz doch sehr wahrscheinlich ist. Wir finden, dass in der nämlichen Pflanze die Stellungen wechseln und in einander übergehen, so dass an einem Stammtheil z. B. die Blätter unten in einer Spirale, oben in Quirlen stehen und umgekehrt. Wir finden ferner, dass Pflanzen, welche im normalen Zustande constant die nämliche Blattstellung zeigen, unter abnormalen Verhältnissen einmal dieselbe ändern, dass z. B. die Laubblattquirle von Casuarina, Hippuris, Equisetum oder die Blüthenquirle sich in Spiralen auflösen. Da wir nun wissen, dass von dem Knospenzustande bis zur vollkommenen Ausbildung die Spiralstellung sich zu Quirlen umbilden kann, so ist wohl möglich, dass eine gleiche Veränderung von der ersten Bildung bis zum Sichtbarwerden der Blattanlagen statt hat. In der That erkennt man in den Quirlen bei ihrem ersten Auftreten zuweilen noch eine spiralige Folge der Elemente, welche nachher verschwindet; während bei andern eine vollkommen gleichmässige oder sogar eine einseitige Ausbildung sichtbar ist.

Digitized by Google

Endlich muss noch hinzugefügt werden, dass die Abstände der jüngsten Blattanfänge sowohl bei spiraliger als bei quirlständiger Anordnung häufig nicht vollkommen gleich gross sind, und dass einzelne bis auf 10 Grade die mittlere Divergenz überschreiten, andere um eben so viel hinter derselben zurückbleiben können. Eine solche Ungleichheit der Divergenzen in der genetischen Blattstellung ist nun in keiner Weise wahrscheinlich, und daher muss man jedenfalls annehmen, dass bis zum ersten Sichtbarwerden der Blattanfänge schon beträchtliche Veränderungen in ihren Stellungen stattfinden können. Es bedarf aber nicht grösserer Abweichungen von der ursprünglichen Lage als der eben genannten, um eine Spiralstellung in eine andere oder in eine Folge von Quirlen zu verwandeln. Wenn jedes Blatt in gleicher Richtung um 15^0 sich von dem andern entfernt, so geht die Stellung $^1/_3$ über in $^3/_8$ oder umgekehrt; $^2/_5$ und $^5/_{13}$ werden durch eine Abweichung von $5^1/_2{}^0$, $^3/_8$ und $^5/_{13}$ durch eine solche von $3^1/_2{}^0$, $^3/_8$ und $^8/_{21}$ durch eine solche von 2^0 in einander übergeführt. Wenn eine Folge von 3, 4 oder 5zähligen Quirlen in eine ununterbrochene Spirale aufgelöst wird, so kann diess in einer Weise geschehen, dass die mittlere Divergenz 140^0, 135^0 und 137^0 beträgt, Werthe die ganz mit denen der gewöhnlichen Schraubenstellungen übereinstimmen; — und wenn jene Quirle wirklich aus einer Spirale mit gleichen Abständen entstanden sind, so haben sich die Divergenzen für 3zählige Quirle um 20^0 vermehrt und vermindert, für 5zählige Quirle dagegen haben sich die einen um 7^0 erweitert, die andern um 29^0 verengt. Die Möglichkeit, alle Stellungsverhältnisse bei den Phanerogamen auf eine ursprüngliche Schraubenlinie zurückzuführen, ist sicher vorhanden. Indessen dürfte eben so gewiss sein, dass, bevor wir etwas Näheres über die Vorgänge der Zellenbildung im Scheitel des Stengels wissen, alle Versuche, eine genetische Blattstellung zu construiren, blosse Theorien bleiben.

Indem ich von dieser Abschweifung auf mein Thema zurückkomme, so fragt es sich nun, ob die Anordnung der Fibrovasalstränge mit der einen oder der andern der genannten 3 Blattstellungen übereinstimme. Es kann das, der Natur der Sache nach, keinen andern Sinn haben als den, dass die Vertheilung der Stränge auf dem Querschnitt des Stengels die Horizontalprojection der Blattinsertionen sei, wie diess auch von Hanstein ausgesprochen wurde. Untersuchen wir zuerst die Bedingungen, welche für eine solche Uebereinstimmung mit einer der beiden wirklichen Blattstellungen nothwendig sind, so lassen sich dieselben einfach folgendermaassen aussprechen: Die Fibrovasalstränge müssen in dem nicht gedrehten Stengel eine in tangentialer Richtung (von aussen oder innen angesehen) senkrechte Richtung zeigen, und in dem gedrehten müssen sie eine Schraubenlinie beschreiben, welche genau der Drehung entspricht, die der Stengel seit ihrer Bildung erfahren hat.

Die Richtigkeit dieses Ausspruchs ist leicht einzusehn. Denken wir uns einen ungedrehten Stammtheil mit irgend einer Blattstellung, so muss diese sich genau in den medianen Fibrovasalsträngen abspiegeln, wenn der Verlauf derselben tangential-senkrecht ist. Macht er aber eine Abweichung von der verticalen Rich-

Digitized by Google

tung nach rechts oder nach links, so ist, weil die lothrecht über einander liegenden Puncte sich nicht mehr decken, sondern neben einander zu liegen kommen, die Anordnung der Stränge jedesmal eine andere als die der Blätter. Wem diese Thatsache nicht zum voraus klar sein sollte, der wird sich von der Richtigkeit derselben durch eine Construction auf dem Papier sogleich überzeugen. Er wird finden, dass z. B. die Stellung $^3/_8$ durch einen schiefen Verlauf der Stränge in die Stellungen $^2/_5$ oder $^1/_3$ übergehen kann, wenn der Strang des 9. Blattes statt auf den des 1. schon auf den des 4. oder 6. trifft; dass die nämliche $^3/_8$ Stellung in $^5/_{13}$ oder $^8/_{21}$ sich verwandeln kann, wenn der Strang des 9. Blattes nicht bloss dem des 6. und 4., sondern auch des 1. Blattes ausweicht und neben demselben nach unten verläuft. Ueberhaupt kann sich durch einen schiefen Verlauf der Stränge irgend eine Stellung derselben in jede denkbare andere umändern, und wir müssen sagen, dass die Anordnung der Stränge nur dann, wenn sie in dem ungedreht gedachten Stengel senkrecht hinabsteigen, der Ausdruck der Blattstellung ist.

Untersuchen wir nun den Längsverlauf der Fibrovasalstränge, so finden wir in der That, dass derselbe sehr häufig ein in tangentialer Richtung schiefer ist. Durch die Internodien gehen sie zwar gewöhnlich ziemlich vertical. In den Knoten aber erfahren sie in der Regel grössere oder geringere Abweichungen von dieser Richtung; und es ist mir kaum eine Pflanze bekannt, in welcher die Stränge, falls sie durch 2 oder mehrere Stengelglieder gehen, einen genau tangential-senkrechten Verlauf zeigen. Wenn ein Strang von oben kommend auf einen untern trifft, so vereinigt er sich nicht mit demselben, sondern biegt nach rechts oder links aus, und steigt neben demselben hinab. Häufig entspringt später von der Biegungsstelle ein 2. Bündel, welches auf der andern Seite hinabsteigt, so dass der von dem höhern Blatt kommende Strang in 2 Schenkel gespalten erscheint, welche denjenigen des untern Blattes zwischen sich fassen. Aber ursprünglich beobachtet man immer einen einfachen, ausbiegenden Strang, und in vielen Fällen bleibt er es zeitlebens, indem die Bildung des zweiten Schenkels nicht erfolgt.

Die Abweichungen, die ein Strang in den successiven Knoten erfährt, finden gewöhnlich in der nämlichen Richtung statt, wodurch er einen spiraligen Verlauf erhält (der von der Drehung des Stengels unabhängig ist). Bei Dicotyledonen lässt sich derselbe in manchen Fällen mit Sicherheit nachweisen. Am auffallendsten ist er jedoch bei Monocotyledonen, wo z. B. die Medianbündel der Blätter von Chamaedorea auf die Länge von 5 Internodien einen ganzen Umlauf und mehr machen. In der Regel stimmen alle oder doch weitaus die meisten Fibrovasalstränge des nämlichen Stengeltheils in der Richtung ihres spiraligen Verlaufs überein. Die Folge davon ist, dass sie eine von den Blättern verschiedene, aber doch mit denselben verwandte Anordnung zeigen. Dieser Umstand, verbunden mit der Thatsache, dass die Abweichungen meist sehr gering sind, lässt die wahren Verhältnisse leicht übersehen.

Dass die Fibrovasalstränge im ungedreht gedachten Stengel wirklich eine mehr oder weniger schiefe Richtung einschlagen, und dass ihre Anordnung demnach deutlich von derjenigen der Blätter abweiche, dafür könnte ich manche

Digitized by Google

Beispiele anführen. Hier möge Eines genügen; für die übrigen verweise ich auf die später folgende Aufzählung. Ich wähle gerade eine Pflanze aus, welche mit Arabis, auf die sich die Schlüsse von Hanstein vorzüglich stützen, nahe verwandt ist. Bei Iberis amara beträgt die Divergenz der Blätter in der Terminalknospe durchschnittlich $138\frac{3}{5}^0$, was also ziemlich genau $\frac{5}{13}$ des Umfanges ist. Die Stengel sind gewöhnlich gedreht, und zwar so, dass das 9. oder selbst das 4. Blatt über dem ersten steht. Der Verlauf der Kanten zeigt aber noch ziemlich deutlich die $\frac{5}{13}$ Stellung der Terminalknospe. In jedes Blatt geht ein gemeinsamer Fibrovasalstrang, welcher durch 10—11 Stengelinternodien hinabsteigt. In dem jungen Stengel sieht man daher 10 — 11 Stränge in einen Kreis gestellt, an denen man sehr leicht aus ihrer ungleichen Stärke die Ordnung, in welcher sie entstanden sind und in welcher sie in die Blätter eintreten, erkennt. Der durchschnittliche Abstand zweier successiver Stränge beträgt in den verschiedenen Internodien von $139\frac{5}{13}^0$ bis $141\frac{1}{3}^0$, und das Mittel daraus $140\frac{1}{3}^0$, was der Divergenz $\frac{7}{13}$ entsprechen würde. Jeder Strang vereinigt sich, nachdem er durch 10—11 Internodien gegangen ist, ganz ohne Ausnahme mit dem Strang des 5. untern Blattes, also 6 mit 1, 7 mit 2, 8 mit 3, 9 mit 4, 13 mit 8, 21 mit 16 u. s. w. (Taf. III, 5). Wollte man die Stellung der Blätter aus der Vereinigung der Fibrovasalstränge herleiten, so wäre sie $\frac{2}{5}$. — Wenn die Divergenzen der successiven Blätter nach dem Bogen gemessen werden, der sich zwischen dem in den Stengel eintretenden Strang eines jeden Blattes und dem heruntersteigenden Strang des nächst folgenden befindet, so erhält man 138—150° und im Mittel vieler Messungen 144°, was ebenfalls der Stellung $\frac{2}{5}$ entspricht.

Aus den eben mitgetheilten Thatsachen ergiebt sich, dass bei Iberis die Blattstellung der Terminalknospe und des entwickelten Stengels mit der Anordnung der Fibrovasalstränge, wir mögen die Letztern in irgend einer Weise zur Vergleichung verwenden, nicht übereinstimmt, was doch bei senkrechtem Verlauf derselben statt haben müsste. Dass aber die Stellung der Stränge auf dem Querschnitt selber nicht in Harmonie ist mit ihren Abständen und Vereinigungen, und dass die Abstände unter einander ungleich sind, rührt daher, dass sie nicht bloss einen spiralig-schiefen, sondern zugleich auch einen krummlinigen Verlauf haben (d. h. die Projection auf die in eine Ebene gelegte Cylinderoberfläche stellt eine krumme Linie dar, während die Spirale geradlinig wird).

Der spiralige Verlauf besteht darin, dass der Strang des 14. Blattes, statt auf den senkrecht unter ihm befindlichen 1. zu treffen, sich nach dem 9. hinbewegt und an denselben ansetzt (Taf. III, 5). Das macht für jeden Fibrovasalstrang eine Abweichung von beinahe 28° von der senkrechten Richtung, welche sich auf 10—11 Internodien vertheilt, und für jedes im Mittel beinahe 3° beträgt. — Da jeder Fibrovasalstrang sich mit dem 5. untern vereinigt, so stehen also folgende Stränge mit einander in Verbindung: 1, 6, 11, 16, 21, 26, 31, 36, 41, 46, 51, 56, 61, 66. Wir können also sagen, dass der Strang des 66. Blattes, welches bei der vorhandenen $\frac{5}{13}$ Stellung senkrecht über dem ersten sich befindet, mittelbar

Digitized by Google

sich an den Strang dieses Letztern ansetze, und dass die Spirale der Fibrovasalstränge durch 65 Internodien einen Umlauf beschreibe.

Der krummlinige Verlauf der Fibrovásalstränge besteht darin, dass jeder ein lang gezogenes *S* beschreibt (Taf. III, 5). Er bewegt sich nämlich zuerst nach der Linie hin, welche man als senkrechte Verlängerung des 5. untern Stranges nach oben zieht; dann geht er wieder zurück; er durchschneidet ungefähr in der Höhe, wo der genannte 5. untere Strang in sein Blatt ausbiegt, die senkrechte Linie und entfernt sich eine Strecke lang von demselben, um sich zuletzt demselben wieder zuzuwenden und sich mit ihm zu vereinigen. Dieser krummlinige Verlauf ist die Ursache, warum die verschiedenen Messungen an den Fibrovasalsträngen selber ungleiche Resultate geben, wie ich vorhin gezeigt habe, und wie sich namentlich auch aus der Betrachtung jedes Querschnittes ergiebt. Die Winkel zwischen den successiven Strängen haben hier eine ungleiche Grösse, die aber mit Rücksicht auf die Ziffer, mit der die Stränge numerirt sind, ziemlich constant bleibt.

Dieses eine Beispiel ist vollkommen hinreichend, um den Beweis zu liefern, dass die Anordnung der Fibrovasalstränge von derjenigen der Blätter wesentlich abweichen kann. Es wäre nun noch die Frage zu erörtern, ob die Stränge vielleicht Andeutungen für jene noch unbekannte und hypothetische, genetische Blattstellung geben. Ich habe schon bemerkt, dass Untersuchungen und Betrachtungen über die Letztere zur Zeit noch, wie ich glaube, nicht über die blosse Vermuthung hinausgehen können. Besonders aber hege ich die Ueberzeugung, dass mit der Anordnung der Fibrovasalstränge für den genannten Zweck wenig anzufangen ist. Ich gründe diese Behauptung auf den Umstand, dass die Stränge erst zu einer Zeit sich bilden, nachdem die Blattanlagen schon eine ziemliche Grösse erreicht haben, dass daher die Letztern von den ursprünglichen Verhältnissen viel eher Zeugniss geben können als die Erstern, — ferner auf den Umstand, dass die Stränge ohne Ausnahme eine weniger regelmässige Anordnung zeigen als die Blätter der Knospe selber, und dass mit der grössten Wahrscheinlichkeit angenommen werden kann, dass die genetische Blattstellung eher noch regelmässiger sei als diejenige, die wir später in der Wirklichkeit wahrnehmen.

Wir kommen daher zu dem Schlusse, dass die Anordnung der Fibrovasalstränge bis auf einen gewissen Grad von jeder Blattstellung unabhängig ist, und eigenen Gesetzen folgt, die erst noch zu untersuchen und festzustellen sind. In der Abhandlung von Hanstein suche ich vergeblich nach einem Beweise, warum die Blattstellung aus den Gefässbündeln erkannt werden könne. Derselbe setzt ihren senkrechten und parallelen Verlauf, worauf Alles ankommt, einfach voraus. Er sagt z. B. (Jahrbücher I, Pag. 240): »Haben wir es nun mit einer reinen $^3/_8$ Stellung zu thun, so muss jeder Blattstrang, nachdem er durch 8 Internodien hinabgezogen ist, nun genau auf einen abwärts neuen Strang treffen.« Ich habe gezeigt, dass bei Iberis der Strang immer auf einen solchen trifft, der nicht senkrecht unter ihm befindlich ist; und wie Iberis verhalten sich viele andere Pflanzen. — Hanstein muss nach seiner Voraussetzung natürlich ein grosses Gewicht

Digitized by Google

auf die Zahl der Stränge legen, welche im Stengel neben einander vorkommen. So sagt er (Pag. 258): Taxus habe 13—21 deutlich erkennbare Blattspuren (gemeinsame Stränge) im Stengel, daher schwanke die Blattstellung zwischen $^5/_{13}$ und $^8/_{21}$; ferner (Pag. 259): Cryptomeria Lobbi habe 10 Gefässbündel im Stamm; die Blätter halten dessnahen die Mitte zwischen der $^3/_8$ und $^5/_{13}$ Stellung. Ich sehe indess keine Möglichkeit für die gegebene Erklärung; oder es hat Hanstein seine Meinung nicht deutlich genug ausgesprochen. Er nimmt bei Anwesenheit von 9—12 Strängen eine zwischen $^3/_8$ und $^5/_{13}$ mittlere Blattstellung an. Darunter kann ich mir nur entweder eine solche denken, bei welcher nicht das 9. oder 14., sondern das 10., 11., 12., 13. über dem ersten steht; das gäbe etwa $^4/_9$, $^4/_{10}$, $^4/_{11}$, $^5/_{12}$, womit aber die Reihenfolge der Stränge nicht übereinstimmt. Oder es kann darunter eine Stellung gemeint sein, bei der der Abstand grösser ist als $^3/_8$ und kleiner als $^5/_{13}$, also zwischen 135° und 138° 28′ liegt; das sind nun aber gerade die Divergenzen $^8/_{21}$, $^{13}/_{34}$, $^{21}/_{55}$ etc., welche nach der Ansicht Hanstein's ausgeschlossen sind. Die Lösung dieses Widerspruchs liegt in dem schiefen Verlauf der Stränge, welcher für jede bestimmte Blattstellung jede beliebige Zahl nebengeordneter Bündel möglich macht.

Das Verhalten der gemeinsamen Fibrovasalstränge im Stengel zeigt eine grosse Mannigfaltigkeit: nach der Zahl, in welcher sie in ein Blatt eintreten, — nach dem Theil des Stengelumfanges, den die zu einem Blatt gehörigen einnehmen, — nach der gegenseitigen Lagerung in tangentialer und radialer Richtung, — nach der Länge des Weges, den sie im Stengel verlaufen, — und nach der Art, in der sie sich mit einander vereinigen.

Hanstein hat den im Stengel befindlichen Theil der gemeinsamen Stränge, welche zu einem Blatt gehören, mit dem passenden Ausdruck der Blattspur*) bezeichnet. Wir haben nun mit Rücksicht auf die Zahl 1—, 2—, 3—, ... vielsträngige Spuren. Wenn mehr als 1 Strang aus dem Stengel in das Blatt eintritt, so trifft entweder Einer auf die Mitte desselben, oder es liegen 2 symmetrisch rechts und links von der Mitte. Im ersten Falle ist das Blatt unpaarsträngig; es hat einen medianen und seitliche Stränge; die Letzteren kann man, wenn deren mehrere sind, als innere und äussere seitliche unterscheiden. Im zweiten Falle ist das Blatt paarsträngig; wenn jederseits mehrere Stränge sich befinden, so können wir die beiden neben der Medianlinie liegenden als die mittlern, die übrigen als die seitlichen bezeichnen.

*) Es ist übrigens zu bemerken, dass die Gefässstränge nur einen Theil der Spur des Blattes am Stengel darstellen. Den andern Theil bilden die oberflächlichen Hervorragungen und Vertiefungen (Furchen, Kanten, Flügel), welche Kützing schon früher (Philos. Bot. II, 130) als Blattspur bezeichnet hat. Wir müssen sonach eine innere und eine äussere Spur unterscheiden.

Digitized by Google

Die mehrsträngige Spur eines Blattes nimmt einen grössern oder kleinern Theil des Stengelumfanges, zuweilen den ganzen, und wenn die Blattränder über einander greifen, selbst mehr als den ganzen Umfang ein. Wir können darnach die Blätter als weit- und engspurige, und nach dem Bruchtheil der Peripherie ganz genau als $^1/_{10}$-, $^1/_9$-, $^1/_4$-, $^1/_2$-, $^2/_3$-, $^1/_1$-, $1\,^1/_{10}$ weitspurige benennen.

Der Strang einer Blattspur verläuft entweder in einer senkrechten Tangentialfläche, also parallel zur Oberfläche, oder er liegt in ungleicher Höhe in verschiedenen Tangentialflächen. Im ersten Falle stellt er, auf eine senkrechte Radialebene projicirt, eine gerade Linie dar, und alle Blattspurstränge eines Stengels bilden eine einfache Schicht, und zwar in der Regel eine Cylinderfläche; das findet bei den meisten Dicotyledonen und Cryptogamen statt. Im zweiten Falle tritt der Strang einer Blattspur tief in den Stengel ein, und fällt dann schief nach aussen. Er beschreibt in der Projection auf eine Radialebene eine nach einwärts gebogene Linie. Die Folge davon ist eine Kreuzung der Stränge, indem je diejenigen der obern Blätter nach aussen von denen der untern Blätter zu liegen kommen. Uebrigens giebt es hier wieder 2 Modificationen. Wenn jeder einzelne Strang nur in seinem obern Theil eine gebogene Linie beschreibt und dann in der radialen Projection geradlinig und senkrecht wird, so bilden alle Stränge zusammen eine einfache (Cylinder-) Schicht, innerhalb welcher mehrere freiliegende sich befinden, was bei einigen Dicotyledonen (Nyctagineen, Piperaceen, Phytolacca etc.) statt hat. Ist dagegen der einzelne Strang in seiner ganzen Ausdehnung krummlinig und schief zur Oberfläche, so liegen alle Stränge des Querschnittes zerstreut, was der Fall bei den meisten Monocotyledonen ist.

Ich habe schon früher gesagt, dass die Stränge der Blattspuren kaum je in einer genau senkrechten Radialebene verlaufen. Wenn wir sie auf eine tangentiale Fläche (am besten auf die Oberfläche des Stengels oder des Holzcylinders) projiciren, so beschreiben sie in der Regel mehr oder weniger schiefe Linien, wobei sie theils geradlinig, theils einfach krummlinig oder *S*förmig oder spiralig u. s. w. sind.

Die beiden genannten Projectionen geben uns ein Bild des Gesammtverlaufes eines Blattspurstranges. Um bestimmte Ausdrücke zu haben, will ich mich der Bezeichnungen bedienen: radialsenkrecht und radialschief, wenn die Stränge in radialer Richtung, d. h. in der Projection auf die Radialebene mit der Oberfläche parallel laufen oder nicht, tangentialsenkrecht und tangentialschief, wenn die Stränge in tangentialer Richtung, d. h. in der Projection auf die Oberfläche mit der Stengelachse parallel sind oder mit derselben einen Winkel bilden. Radialschiefe Spurstränge zeigen, wenn sie in ungleichen Radialebenen liegen, radiale Kreuzung, wenn in der gleichen, radiale Vereinigung. An tangentialschiefen Strängen nimmt man in gleicher Weise tangentiale Kreuzung oder Verschmelzung wahr, je nachdem sie verschiedenen Tangentialflächen oder der gleichen angehören.

Die von einem Blatt in den Stengel eintretenden Stränge verlaufen entweder neben einander, ohne dass andere Stränge zwischen sie treten; wir können

Digitized by Google

sie nebenläufig nennen und zwar tangential- oder radial-nebenläufig, je nachdem sie in tangentialer oder radialer Richtung ununterbrochen neben einander liegen. Oder die Stränge einer Blattspur werden durch andere, die zwischen sie eintreten, getrennt; wir können sie verschränktläufig nennen. Die Kreuzung, welche hiemit verbunden ist, findet entweder in radialer oder in tangentialer Richtung statt; sie kann höher oder tiefer eintreten und beginnt bei spiralständigen Blättern in tangentialer Richtung meist unsymmetrisch, so dass z. B. die eine Hälfte der Stränge einer Blattspur noch nebenläufig ist, wenn die andere schon verschränktläufig geworden. Die Stränge gehen im Stengel mehr oder weniger weit nach unten, bis sie mit andern verschmelzen und vereintläufig werden. Vor der Vereinigung sind die Stränge getrenntläufig, und insofern ein Strang überhaupt frei bleibt, können wir ihn als eigenläufig unterscheiden. — Wird jedes Internodium als ein Schritt bezeichnet, so sind die Spurstränge ½—, 1—, 2—, 3—, vielschrittig, bis sie verschränktläufig oder vereintläufig werden.

Ich füge noch einige Bemerkungen über die Anwendung dieser Ausdrücke bei; zuerst eine solche über die Bezeichnung der Blätter. Häufig nennt man dasjenige, von dem man ausgeht, das erste, und bei $^2/_5$, $^5/_{13}$, $^8/_{21}$ Stellung kommt das 9., 14., 22. über das erste. Wenn man zugleich das nächstuntere mit — 1 bezeichnet, so liegen bei $^m/_n$ Divergenz die Blätter — n, 1 und n + 1, bei $^8/_{21}$ die Blätter — 21, 1 und 22 senkrecht über einander, und es entsprechen sich weder die Ziffern der aufsteigenden und absteigenden Reihen, noch stimmt bei aufsteigendem Zählen die Ziffer des Blattes mit der Anzahl Schritte, welche die Blattspirale gemacht hat. Wenn man dagegen das Blatt, von dem man ausgeht, mit 0 bezeichnet und Ausgangsblatt heisst, so hat das erste, welches nach oben folgt, die Ziffer 1, das erste nach unten — 1; das n^{te} liegt um n Abstände nach oben, das — n^{te} um ebenso viele nach unten; bei $^8/_{21}$ fällt das 21. obere und das 21. untere mit dem Ausgangsblatt in eine Verticale. Die gleiche Ziffer, wie das Blatt, erhält auch der Stengelknoten, an dem es steht, und das nächstuntere Stengelinternodium, welches zu dem Knoten gehört. Wie mit dem Blatt verhält es sich mit dem Blattquirl. Ich werde mich fortan dieser Bezeichnung bedienen, so dass das 6. obere oder 6. untere Organ (Blatt, Quirl, Knoten, Zwischenknoten) immer dasjenige ist, welches man, von einem bestimmten ausgehend, nach 6 Schritten erreicht, und dass das Internodium unter einem Knoten oder einem Blatt als das ihm angehörige oder eigene betrachtet wird, und umgekehrt.

Die Organe sind in der Mehrzahl der Fälle in eine Schraubenlinie geordnet; ihre beiden Seiten verhalten sich, bezüglich einer Reihe von Erscheinungen, ungleich. Namentlich erfordert auch die Anordnung der Blattspurstränge ihre Unterscheidung. Ich will sie Aufsteig- und Absteigseite oder anodische und kathodische Seite nennen, je nachdem man von ihnen in der nach dem kurzen Weg gelegten Wendeltreppe auf- oder absteigt. Ich weiss zwar wohl, dass die Ansicht der Morphologen dahin neigt, es bewege sich der Bildungstrieb der Blattspirale nach der Divergenz $^3/_5$ und nicht nach $^2/_5$. Allein die Erscheinungen, auf welche

Digitized by Google

sich diese Ansicht stützt, treten lange nach der ersten Anlage auf, und geben sich nicht bloss dadurch, sondern auch durch den fernern Umstand, dass sie nicht bei allen Pflanzen constant sind, als secundäre zu erkennen. Schon die jüngsten, der mikroskopischen Beobachtung zugänglichen Stadien zeigen keine Differenz zwischen rechter und linker Seite; und noch mehr müsste die Unterschiedslosigkeit deutlich sein, wenn wir bis zur ersten Zelle vordringen könnten. Wir wissen überhaupt nicht einmal, ob die Entstehung der Blattspirale die Folge einer in der Wirklichkeit vorhandenen schraubenförmigen Bewegung ist. Wir wissen bloss, dass die in der Stammspitze lebendige Bildungsthätigkeit sich auf eine Anzahl discreter Puncte concentrirt, welche erst unsere Abstraction durch eine Linie vereinigt. Die Consequenz erfordert, dass wir es überall auf die nämliche Art thun, dass, wie wir bei den einen Pflanzen von $^1/_6$, $^1/_7$, $^1/_8$, $^1/_5$, $^1/_4$, $^1/_3$ (und nicht von $^6/_9$, $^6/_7$, $^5/_8$, $^4/_5$, $^3/_4$, $^2/_3$) sprechen, wir eben so bei den andern $^1/_2$, $^2/_5$, $^3/_8$, $^5/_{13}$, $^3/_7$ etc. (und nicht $^2/_3$, $^3/_5$, $^5/_8$, $^8/_{13}$, $^4/_7$) sagen.

Die Ausdrücke neben-, verschränkt-, eigen-, getrennt- und vereintläufig haben nur eine relative und daher in ungleichen Beziehungen eine verschiedene Bedeutung. Betrachten wir bloss die der nämlichen einzelstehenden Blattspur angehörigen Stränge ohne Rücksicht auf die andern Spuren, so sind dieselben gewöhnlich eine Strecke weit neben- und eigenläufig; sie können höher oder tiefer verschränkt- oder vereintläufig werden. Wenn die Blattspur $^1/_4$ weit ist, so sind sie zuweilen selbst von Anfang an am Rande vereintläufig, indem der linksrandige und der rechtsrandige Strang mit einander verschmelzen, so bei Liriodendron; und wenn die Blattspur mehr als $^1/_4$ weit ist, so treten die randständigen Stränge auch wohl schon als tangential-verschränktläufige in den Stengel ein. Wie das einzelstehende Blatt verhält sich der ganze Quirl (die Paare inbegriffen). Die Spuren seiner Blätter sind ebenfalls meist eine Strecke weit neben- und eigenläufig. Nicht selten sind sie von Anfang an vereint- oder verschränktläufig, indem die Randstränge zweier benachbarter Blätter entweder mit einander verschmelzen oder sich kreuzen.

Betrachten wir die spiralständigen Blätter im Zusammenhange mit einander, so gestalten sich die Verhältnisse ungleich, je nachdem wir die Spur des Ausgangsblattes bloss mit der ersten, oder auch noch mit der zweiten, dritten, vierten oder mit allen der gleichen und der successiven Stengeltheile vergleichen. Bei Berücksichtigung aller Blattspuren giebt es wohl keine eigenläufigen Spuren, sondern sie werden früher oder später, höher oder tiefer vereintläufig. Nur sehr schmale Spuren sind durchaus nebenläufig, indem keine Stränge anderer Blätter zwischen sie eintreten. Gewöhnlich findet Kreuzung statt. Es giebt Blattspuren, deren Aufsteigseite mit der Absteigseite der erstobern Blattspur verschränktläufig ist, während die Absteigseite durch ein Internodium nebenläufig bleibt, um dann mit dem erstuntern Blatt eine gleiche Beziehung einzugehn. Andere werden erst mit dem 2., 3., 5., 8., 13. obern und untern Blatte verschränktläufig. Die Anwendung auf die übrigen Fälle, auf die alternirend-zweizeiligen Blätter, auf die successiven Paare und Quirle, auf die einzelnen Stränge ergiebt sich von selbst.

Digitized by Google

Ueber den Verlauf der Blattspuren lässt sich nur sehr wenig allgemein Gültiges sagen. Mit Rücksicht auf den tangentialen Verlauf (wie er sich in der Projection auf die Cylinderfläche darstellt) erfahren die Spuren oder die Medianstränge, welche als deren Repräsentanten angesehen werden können, vorzugsweise in den Knoten geringe Abweichungen von der Verticallinie. Diese Abweichungen addiren sich gewöhnlich in den successiven Knoten und veranlassen dadurch einen spiraligen Verlauf, welcher in einem Extrem fast Null ist und bloss durch gewisse Erscheinungen der Entwicklungsgeschichte sich als verschieden von der senkrechten Richtung kundgiebt, im andern Extrem aber schon durch 4 — 5 Stengelglieder einen vollständigen Umlauf machen kann. Die Abweichungen in den successiven Knoten können aber auch sich aufheben, oder sie können vielleicht selbst ganz mangeln. — Bei schraubenständiger Stellung der Blätter stimmen ihre Spuren oder Medianstränge rücksichtlich der Abweichung von der tangential-senkrechten Richtung mit einander überein; das Nämliche ist der Fall mit den Spuren der homologen Elemente successiver Quirle. Dagegen verhalten sich häufig die verschiedenen Spuren des nämlichen Quirls oder Paars ungleich, so dass die eine links-, die andere rechtswendig ist.

Ist die Spur 1strängig, so wird sie nach unten schmäler. Das Nämliche ist gewöhnlich mit der sehr schmalen mehrsträngigen Spur der Fall. Ihre Stränge sind nebenläufig und vereinigen sich zuletzt mit einander. Diese Spuren verschmälern sich also ebenfalls nach unten. Sie beurkunden ihre Verwandtschaft mit den einsträngigen auch darin, dass in der nämlichen Pflanze zuweilen beide einander vertreten können. — Breitere mehrsträngige Spuren erweitern sich gewöhnlich nach unten, so dass die untere von der senkrecht obern umfasst wird. Die Folge davon ist, dass bei spiraligem Verlauf der Blattspur ihre eine Seite mehr, die andere weniger geneigt ist als der Medianstrang. Die Randstränge der letztern Seite können selbst eine senkrechte Richtung zeigen oder eine antidrome Spirale beschreiben. Wenn die Blattspur den ganzen Stengelumfang einnimmt, so hat das Bestreben derselben, sich zu erweitern, bloss zur Folge, dass die Stränge auf der Seite des Mittelnerven aus einander gehn, diejenigen auf der Randseite sich zusammendrängen und auch wohl kreuzen. Die homologen Stränge der spiralständigen Blätter und der sich entsprechenden Blätter von successiven Paaren oder Quirlen verhalten sich in der Regel gleich.

Mit Rücksicht auf den radialen Verlauf (wie er sich in der Projection auf die Radialebene darstellt) schlagen die Blattspuren der Laubregion bei den meisten Dicotyledonen und Gefässcryptogamen innerhalb der Rinde eine senkrechte Richtung ein. Bei einigen Dicotyledonen beschreiben sie zuerst einen Bogen durch das Mark, um dann fortan unter der Rinde vertical hinabzusteigen. Bei den meisten Monocotyledonen gelangen sie nie oder erst sehr weit unten im Stengel zu einer senkrechten Lage. Was den bogenförmigen Verlauf betrifft, so verhalten sich die Stränge der gleichen Blattspur ungleich. Gewöhnlich sind es die mittlern, welche tiefer in das Mark eindringen; selten wird der Medianstrang von den seitlichen übertroffen. Wenn bei bogenförmigem Verlauf die Stränge in der Blatt-

Digitized by Google

basis in mehreren Schichten liegen, so sind es in der Regel die innern, welche sich mehr dem Centrum des Stammes nähern; zuweilen kommt indess auch das Umgekehrte vor.

Die Verschränkungen und Vereinigungen der Blattspurstränge werden durch den Verlauf derselben bedingt. Die Verschränkungen gehen fast ausschliesslich in den Knoten vor sich. Die Vereinigungen finden ebenfalls häufiger in oder dicht an den Knoten statt. Die dicotyledonen Stränge verschmelzen nur tangential, die monocotyledonen in beiden Richtungen und fast noch häufiger in radialer Richtung.

Nach dieser allgemeinen Auseinandersetzung will ich nun zu der Betrachtung der einzelnen Modificationen übergehn, in denen sich der Längsverlauf der Fibrovasalmassen darstellt. Was die Methode betrifft, die dabei in Anwendung kam, so bemerke ich, dass immer die in Entwicklung befindliche Spitze des Stengeltheils (oder der Wurzel) untersucht und von dem Scheitel aus so weit rückwärts verfolgt wurde, bis die Stränge durch ihre Vereinigung oder Verflechtung sich unkenntlich machten. Dabei wurden immer ganze Reihen von successiven Querschnitten (in einzelnen Fällen bis über 100 von der nämlichen Stengelspitze) angefertigt, davon so viele, als nothwendig war (zuweilen 20—40) mit der Camera lucida oder dem Sömmering'schen Spiegelchen gezeichnet, und durch Vergleichung der Verlauf der Stränge ermittelt. Ferner wurden überall, wo nicht die Dicke und Undurchsichtigkeit ein Hinderniss darbot (und das war nur bei wenigen Pflanzen der Fall) senkrechte Durchschnitte gemacht, in der Art, dass das Stengelende halbirt, die beiden Hälften neben einander (die Schnittfläche nach oben gekehrt) gelegt und gezeichnet wurden. Durch Erwärmen in Kalilösung und gelinden Druck gelang es meistens, den Verlauf, die Verschränkungen und Vereinigungen aller oder doch fast aller Stränge zu sehen. Bei gehöriger Sorgfalt stimmen die Resultate beider Verfahrungsarten genau überein.

Nach dem, was ich früher über den Begriff des Epenprosenchyms gesagt habe, fallen die Moose sowie die übrigen Zellencryptogamen weg. Unter den Phanerogamen ist die Gattung Wolffia nach Schleiden die einzige Pflanze, der dieses Gewebe mangelt; dem entsprechend fehlen ihr auch die Wurzeln. Bei den übrigen Gefässpflanzen trifft man (ausser den sogenannten Epidermoidal- oder Bekleidungs-Organen) hin und wieder einzelne Blätter, und selbst Stengeltheile, die bloss aus Zellgewebe bestehen. — Häufiger kommen ganze Pflanzen und Theile von solchen vor, denen nur die Gefässe mangeln, die aber Fibralmassen besitzen. Dahin gehören bekanntlich einige Wassergewächse, bald die ganze Pflanze (von einigen Hydrocharideen und Najadeen, sowie von Ceratophyllum) bald einzelne Organe (namentlich die Wurzeln). Die Fibralmassen treten auch hier in der Form von Cylindern, Ringen oder Strängen auf. Der Längsverlauf zeigt nichts Bemerkenswerthes.

Digitized by Google

Wurzeln.

Unter den Organen, deren Fibrovasalmassen an der Spitze fortwachsen, ohne in Seitenorgane auszubiegen, sind vor Allem die Wurzeln zu nennen. Hier findet, wie ich bereits bemerkt habe, sehr häufig in der ganzen Länge keine Veränderung statt. Es ist diess dann der Fall, wenn der anfängliche Fibrovasalcylinder nur eine sehr beschränkte Zahl von ursprünglichen Vasalsträngen enthält. Die Veränderungen im Längsverlaufe sind um so häufiger, je complicirter der Bau ist. Die ursprünglichen und die folgenden Vasalstränge, die Cambiformstränge, die Holz-, Bast-, sowie die ganzen Fibrovasalstränge können sich der Zahl nach vermehren oder vermindern, wobei bald eine Vereinigung oder Theilung, bald auch ein allmäliges Aufhören oder Verschwinden beobachtet wird. Doch gehen diese Veränderungen immerhin sehr langsam von statten, so dass oft eine ganze Reihe von Querschnitten bis in das kleinste Detail uns das nämliche Bild giebt.

Psilotum triquetrum Sw. (I, 1—3).

Von den Stengelgebilden, welche nur stammeigene Stränge besitzen, habe ich bloss einen Fall und zwar aus der Laubregion näher untersucht. Psilotum triquetrum hat einen centralen Fibrovasalcylinder (Fig. 3, 2), dessen Bildung mit 2 — 8 peripherischen Vasalbündeln beginnt. Die äussersten und ersten Gefässe sind Spiralgefässe; darauf folgen poröse Gefässe, und im Innern besteht die ganze Masse aus Holzzellen. Die ursprünglichen Vasalstränge springen an der Fläche des Fibrovasalcylinders als Kanten mehr oder weniger stark vor. Die Blätter bestehen bloss aus Zellgewebe. Untersucht man das Stengelende (Fig. 1), so sieht man in demselben die noch getrennten ursprünglichen Vasalstränge, welche unbegrenzt fortwachsen und dabei an Zahl und Stellung wechseln. Namentlich findet eine Vermehrung derselben durch Theilung statt. Die Stämmchen verzweigen sich nämlich dichotomisch, wobei ein Theil der Stränge in den einen, der übrige in den andern Ast geht. Diesem Verluste, den die Zahl der Vasalstränge durch die Verzweigung des Stammtheiles erfährt, hält die Theilung derselben das Gleichgewicht. Es kommt auch vor, dass an einer Dichotomie des Stengels ein Vasalstrang sich spaltet und in jeden Ast einen Schenkel schickt (Fig. 1).

Die Blätter, obgleich sie keine Stränge aus dem Stengel erhalten, üben doch auf die Ausbildung des Fibrovasalcylinders einen bestimmten Einfluss aus. In einiger Entfernung (etwa 3 — 8 M. M.) senkrecht unter jedem Blatte, springt eine Kante des Cylinders (oder ein ursprünglicher Vasalstrang) besonders stark vor (Fig. 2, 3) und verliert sich allmälig nach unten, etwas rascher nach oben. Die Kanten des Fibrovasalcylinders sind daher in einem Stengeltheil um so zahlreicher, je zahlreicher die verticalen Reihen der übrigens sehr unregelmässig gestellten und nur schwer auf cyclische Anordnung zurückzuführenden Blätter. Die Oberfläche des Stengels ist ebenfalls kantig, indem von jedem Blatt eine

Digitized by Google

Kante nach unten geht; die letztere ist oben am stärksten, wird nach unten hin schwächer und verschwindet dann. Da nun die Kanten des Fibrovasalcylinders erst in einiger Entfernung unter den Blättern deutlich sichtbar werden, so ist sein Querprofil oft im Widerspruch mit demjenigen des ganzen Stengels, und wir können sagen, dass der Fibrovasalcylinder rücksichtlich seiner Kanten immer die Form nachahme, welche das ganze Stämmchen 3—8 M. M. höher hat.

Die Sporangien stehen auf sehr kurzen Zweigen, in die ein Fibrovasalstrang eintritt und am Grunde des Sporangiums endigt.

Lycopodium clavatum Lin. und L. Selago Lin.

An Psilotum schliesst sich Lycopodium an, dessen Stengel ebenfalls einen Fibrovasalcylinder mit peripherischen ursprünglichen Vasalsträngen enthält, von denen aus die Bildung in centripetaler Richtung fortgeschritten ist. Die Vasalstränge sind aber gemeinsame, und gehen je einer in ein Blatt aus; so dass die Kanten des Fibrovasalcylinders als Sympodien zu betrachten sind, die gewöhnlich von den Blattspuren zweier, zuweilen auch nur einer, selten dreier verticaler Blattreihen gebildet werden.

Lycopodium hat also 1 strängige Blattspuren. Die Stränge gehen, wenn sie sich von 2 Blattreihen vereinigen, durch 3 Stengelinternodien, bis sie sich an eine untere Spur anlegen; durch 4 Internodien, wenn nur die Spurstränge einer einzigen Reihe zum Sympodium zusammentreten. An keiner Pflanze ist der tangential-schiefe Verlauf der Blattspuren deutlicher, indem sie convergiren um sich zu vereinigen; und an keiner kann die Abweichung der Stranganordnung von der Blattstellung besser nachgewiesen werden. — Das Nähere ist in der Zeitschrift f. wiss. Bot. Heft 3 und 4, namentlich aber in den pflanzenphysiologischen Untersuchungen von Nägeli und Cramer, Heft 3 nachzusehen.

Selaginella hortensis Mett. (I, 8, 9).

Diese Gattung verhält sich ganz ähnlich wie Lycopodium. Bekanntlich sind an dem Stengel 4 Reihen von paarigen Blättern befestigt, 2 Reihen kleinerer Oberblätter und 2 Reihen grösserer Unterblätter, von denen je ein grösseres und ein kleineres ein Paar bilden (Fig. 8). Bei manchen Arten liegen im Gewebe 2 getrennte starke Fibrovasalstränge, von denen Zweige abgehen, um je einer in ein Blatt einzutreten. Jeder der beiden starken Stränge des Stengels versorgt eine Reihe von grossen und eine Reihe von kleinen Blättern, in der Weise, dass er an jedem Knoten einen Zweig abgiebt, alternirend an ein grosses und ein kleines Blatt, und dass somit von den beiden gegenüberstehenden Blättern jedes Paars das kleine von dem einen, das grosse von dem andern Strang seinen Zweig erhält (Fig. 8, 9). — Uebrigens sind die beiden Fibrovasalstränge des Stengels ohne Zweifel Sympodien (entsprechend den Strangsympodien von Lycopodium); die

Digitized by Google

Blattspuren sind 1 strängig und gehen durch ein Glied, bis sie sich mit der nächstuntern vereinigen.

Marsilea quadrifolia Lin. (I, 10).

Ein eigenthümliches Verhalten zeigen die Marsileaceen. Die kriechenden Stämmchen von Marsilea tragen auf der obern Seite zwei Reihen alternirender Blätter, die etwas mehr als um ¼ der Peripherie von einander entfernt sind. Die Blattspirale ist demnach zickzackförmig, da sie nach jedem Schritt in die gegenläufige Bewegung umsetzt. Seitlich neben jedem Blatt und zwar (mit Rücksicht auf die horizontale Lage der Stammachse) nach unten von demselben befindet sich ein Ast, welcher fast gleichzeitig mit dem Blatt angelegt wird, aber sich langsamer entwickelt. Die Aeste sind demnach ebenfalls alternirend-zweizeilig, und zwar mit einem Abstand von ungefähr 180°. — An jedem Ast ist das erste Blatt mit seinem Zweig dem Stämmchen zu-, das zweite Blatt und sein Zweig abgekehrt. Ein Ast der linken Reihe hat daher sein erstes Blatt rechts, einer der rechten Reihe dagegen links; und die Aeste, welche wie das Stämmchen sich niederlegen, haben ihre Blätter ebenfalls auf der obern Seite.

Fast gleichzeitig mit dem Blatt und dessen Ast wird in gleicher Höhe (Entfernung vom Scheitel) eine Wurzel angelegt. Dieselbe ist von der Insertionsstelle des Blattes etwa um 90° entfernt. Ihr folgt sehr bald eine zweite, näher dem Blatte liegende, darauf zuweilen in gleicher Richtung noch eine dritte und selbst eine vierte, so dass diese Seitenwurzeln eine Querreihe bilden, deren letzte Elemente (nämlich das vierte, zuweilen auch das dritte) deutlich am untersten Theile des Astes stehen. Die ersten Seitenwurzeln aller Knoten stellen auf der untern Seite des kriechenden Stämmchens 2 Zeilen dar, die denen der Blätter auf der oberen Seite genau entsprechen. — Ausser diesen Seitenwurzeln kommen noch Adventivwurzeln vor, meistens 1 — 3 an einem Internodium Sie nehmen in der Regel die Mittellinie der untern Stengelseite ein, und bilden somit eine unpaare Zeile.

Der Querschnitt durch das entwickelte Stämmchen zeigt einen Fibrovasalring, welcher 1 — 2 Schichten von Gefässen enthält und ein kleines aus verlängerten Parenchymzellen bestehendes Mark umschliesst. Nach der Stammspitze hin löst sich der Ring in mehrere (gewöhnlich 5) getrennte Stränge auf (Fig. 10). Zwei derselben, die auf der untern Seite des kriechenden Stengels rechts und links von der Medianlinie liegen, sind stammeigen und wachsen unbegrenzt fort (e, f). An sie setzen sich die Gefässe der Wurzeln an; sie können daher auch die Radicalstränge des Stengels genannt werden. Die übrigen Stränge entsprechen der obern Stengelseite, und gehen in die Blätter aus (a, b, c, d). Mit der Verlängerung des Stämmchens werden hier fortwährend neue Fibrovasalstränge gebildet, welche ebenfalls an ihrem vordern oder obern Ende wachsen. Sie sind so angeordnet, dass der äusserste der einen Seite, z. B. der linken, in das nächste Blatt, der äusserste der rechten Seite in das zweite Blatt, der zweitäusserste der

Digitized by Google

linken in das dritte, der zweitäusserste der rechten Seite in das vierte Blatt eintritt u. s. f. Die neuen Stränge, welche an der Stammspitze sichtbar werden, um höhere Blätter zu versorgen, kommen mitten aus den schon vorhandenen Blattspuren hervor.

Jedes Blatt erhält einen Strang, welcher in der Regel durch 3 Stengelglieder geht, bis er mit untern Spuren sich vereinigt. Desshalb zeigt der Querschnitt der Stammspitze meistens 3, seltener bis 5 Blattspur- oder Foliarstränge, welche einen Bogen von 90 bis 102° einnehmen, während die beiden stammeigenen oder Radicalstränge auf der untern Seite um 48 bis 66° von einander abstehen. — Weiter rückwärts im Stengel verschmelzen alle Foliarstränge in einen einzigen, bald darauf die stammeigenen unter sich ebenfalls, so dass der Querschnitt erst 3, dann 2 breitgezogene Fibrovasalstränge zeigt, einen an der obern, einen an der untern Seite des Stengels. Indem dieselben noch mehr in die Breite wachsen, verschmelzen sie später zu einem Ringe. — Auch bei dieser Pflanze steht die Anordnung der Blattspuren im Widerspruch mit der Stellung der Blätter; diese sind 2zeilig, jene dagegen in der Zahl von 3 — 5 vorhanden, was von ihrem schiefen convergirenden Verlauf herrührt.

Der in das Blatt eintretende Strang ist im jungen Zustande unmittelbar über seiner Eintrittsstelle doppelt, und bleibt in der ganzen Länge des Blattstiels doppelt. Nachher tritt die Vereinigung zu einer im Querschnitt ovalen Fibrovasalmasse ein, in welcher man 2 ursprüngliche, aus Spiralgefässen bestehende Vasalstränge erkennt, an die sich je eine Reihe von porösen Gefässen anschliesst.

Der junge Ast hat zuerst 3 Fibrovasalstränge; einer geht in das erste Blatt, und setzt sich nach unten an die Spur des Tragblattes an. Die beiden andern sind stammeigen; sie verschmelzen mit den beiden stammeigenen des Stengels. Diese Vereinigungen geschehen in dem obersten Theil des Internodiums, so dass der Querschnitt daselbst bis 10 Stränge aufweist.

Die Wurzeln haben einen centralen Fibrovasalcylinder mit einem Vasalstrang. Der letztere setzt sich in der Regel mit 2 Schenkeln an 2 Stränge des Stengels an. Die Adventivwurzeln (die in der Medianlinie der untern Stammseite sich befinden) sind mit den beiden stammeigenen, die Seitenwurzeln dagegen (welche neben jeder Blattbasis eine Querreihe bilden) nur mit dem benachbarten stammeigenen Strang in Verbindung.

Pilularia globulifera Lin.

Pilularia stimmt in den meisten Erscheinungen mit Marsilea überein. Die Stellung der Blätter, Aeste und ersten Seitenwurzeln ist die nämliche. Die beiden Zeilen der letztern sind einander viel mehr genähert, als die beiden Blattzeilen. Auf die erste Seitenwurzel folgt bald eine zweite, zuweilen auch eine dritte, welche schon deutlich aus der Basis des Astes entspringt.

In dem Fibrovasalring stehen die Gefässe meist in einem einfachen Kreis. Dieser Ring theilt sich nach vorn (scheitelwärts) ebenfalls in 2 Stränge, von

Digitized by Google

denen der eine der obern, der andere der untern Stengelseite entspricht. Aber die Theilung bleibt hier stehen. Der untere, stammeigene oder Radicalstrang verschmälert sich scheitelwärts, und endigt meist mit einem einzigen Gefäss. Der obere ist ein Sympodium von Blattspuren; er verschmälert sich zu einem einfachen, in ein Blatt ausbiegenden Gefäss. Da, wo er aus 2 neben einander liegenden Gefässen besteht, sieht man bereits ein neues Gefäss neben seiner Ausbiegungsstelle vorbei im Stämmchen weiter wachsen, welches in das folgende Blatt eintritt. — Pilularia hat daher nur Einen stammeigenen, unbegrenzt fortwachsenden Radicalstrang, und ebenso nur Ein Sympodium von gemeinsamen Strängen (oder einem Foliarstrang), welches scheitelwärts wenig über jenen hinausreicht.

Die Gefässe, welche in die Wurzeln eintreten, legen sich an den Strang der untern Stammseite, die Gefässe des Astes theils an den untern, theils an den obern Strang an. — In dem cylindrischen Blatt befindet sich, wie in dem Blattstiel von Marsilea, ein centraler Fibrovasalstrang mit 2 Vasalmassen.

Hippuris (I, 4, 5). Myriophyllum.

Unter den Phanerogamen machen einige Wasserpflanzen rücksichtlich des Verhaltens des Fibrovasalgewebes eine bemerkenswerthe Ausnahme. Statt eines Markes besitzen dieselben einen stammeigenen, unbegrenzt in die Länge wachsenden Fibrovasalcylinder, und zugleich gemeinsame in die Blätter ausbiegende Stränge, die sich an die äussere Fläche des erstern anlegen. Bei Myriophyllum verticillatum Lin. und Hippuris vulgaris Lin. verhält sich die Sache folgendermaassen.

Der centrale Fibrovasalcylinder verschmälert sich allmälig nach oben und endigt zuletzt in der verlängerten Terminalknospe mit einem einzigen Gefäss (Fig. 4). Erst in ziemlicher Entfernung (5 — 7 Internodien) unterhalb seiner Spitze werden die Anfänge der in die Blätter ausbiegenden Stränge sichtbar. Es sind einige kurze Gefässe an der Biegungsstelle, die oft an den noch bloss aus langen Gefässzellen bestehenden Cylinder sich anzulegen scheinen (Fig. 4). Von hier aus wächst der gemeinsame oder Foliarstrang nach oben durch das Blatt und nach unten dicht an dem stammeigenen Gefässcylinder fort. Der letztere ist in dieser Höhe noch sehr dünn; er wird nach und nach beträchtlich dicker und schiebt die Blattspuren nach aussen.

Die Gefässbildung schreitet in dem stammeigenen Cylinder von dem Centrum aus nach allen Seiten hin fort; sie ist in den Blattspuren ebenfalls centrifugal. Der senkrechte Durchschnitt durch das ausgebildete Stengelinternodium zeigt daher im Centrum Ringgefässe mit weit abstehenden Ringen, dann nach aussen Spiralgefässe, deren Windungen mehr und mehr genähert sind. Zu äusserst folgen wieder Gefässe mit weitern Windungen, zuerst gewöhnlich 1 Ring- und dann noch 1 oder auch 2 Spiralgefässe; sie gehören der Blattspur an, welche

Digitized by Google

sich vor den äussern und nach den innern stammeigenen Gefässen bildete, daher auch die extremen Formen dieser letztern nicht erreicht. Die Blattspuren stehen im obersten Theil des Internodiums etwas von dem Fibrovasalcylinder ab; sie nähern sich abwärts immer mehr, und sind im untern Theil mit demselben verschmolzen. Der Querschnitt des Fibrovasalcylinders zeigt im Innern wenige zerstreute, nach aussen reichlichere, in einen Ring zusammengedrängte Gefässe, und dazwischen dünnwandige Prosenchymzellen (Fig. 5).

In jedes der quirlständigen Blätter geht ein einziger Strang aus. Alle Spuren eines Quirls verlaufen häufig getrennt von einander an der Oberfläche des centralen Cylinders. Nicht selten aber, wenn die Quirle vielzählig sind, wie das bei Hippuris der Fall ist, vereinigen sich die Stränge zweier, selbst dreier Blätter zu einem einzigen, so dass z. B. ein 12zähliger Quirl nur 7 oder 8 Spuren im Stengel hat (Fig. 5). Diese Vereinigungen geschehen ohne Regel, und geben ein neues Beispiel für den Satz, dass Blattstellung und Stammstränge sich nicht immer entsprechen.

Callitriche vernalis Kütz.

Callitriche stimmt in dieser ausnahmsweisen Art des Wachsthums mit Myriophyllum und Hippuris überein, und es möchte diess ein entscheidender Grund für die Ansicht sein, dass sie nach ihrer natürlichen Verwandtschaft neben die Halorageae gehört. Im Centrum des Stengels befindet sich ebenfalls ein Fibrovasalcylinder, welcher aus dünnwandigen Prosenchymzellen und aus wenigen Gefässen besteht, und dessen Spitze deutlich als selbständiger Theil über die Ansatzstellen der Blattstränge sich erhebt. Jedes der opponirten Blätter erhält einen Strang, der sich bloss anzulegen und nicht als besondere Blattspur nach unten fortzusetzen scheint. Dagegen haben die Gefässe des Stengels eine der Blattstellung entsprechende, in den successiven Internodien kreuzweise wechselnde Anordnung.

Equisetum arvense Lin.

Das Fibrovasalsystem von Equisetum hat rücksichtlich seiner Anordnung vollkommene Aehnlichkeit mit demjenigen mancher Phanerogamen; indessen stimmt es doch mit keinem derselben ganz überein. Die in einen Kreis gestellten Stränge des Stengels scheiden Mark und Rinde, und gehen alle in die quirlständigen Blätter aus. Die Blattspuren sind 1strängig und setzen sich am Grunde des Internodiums an die ausbiegenden Stränge des untern Knotens an. Da die successiven Blattquirle bei gleicher Zahl ihrer Elemente mit einander alterniren, so trifft in der Regel eine Blattspur zwischen 2 untere Blattstränge, und theilt sich in 2 Schenkel, um sich an beide anzulegen, wodurch in jedem Knoten ein Netz von zickzackförmigen Anastomosen gebildet wird. — Aus den Quirlzweigen

Digitized by Google

treten je 2 Stränge in den Stengel ein, welche sogleich im Knoten sich rechts und links an die daselbst ausbiegenden Blattspurstränge anlegen.

Die Coniferen, welche sich von den Dicotyledonen dadurch unterscheiden, dass, ausser den Blattspuren, im Stamme sonst keine Gefässe vorkommen, stimmen mit denselben ziemlich in der Anordnung dieser Blattspuren überein. Gleichwohl will ich sie zur bessern Uebersicht gesondert betrachten.

Die quirlständigen, seltener gegenständigen Cotyledonen haben in der Regel 1strängige Spuren im Cauliculus, welche sich in dessen Grunde vereinigen. Wenn die Quirle vielzählig sind, so verschmelzen häufig 2 oder auch 3 Spuren bald nach ihrem Eintritt in das Stengelglied in einen einzigen Strang. Es kommt jedoch, wie es scheint, auch vor, dass der Mittelnerv der Cotyledonen sich am Grunde in 2 Schenkel spaltet, und dass je die ungleichnamigen Schenkel zweier benachbarter Blätter zu einem Strang des Cauliculus sich vereinigen; wenigstens sprechen hiefür die Beobachtungen von Lestiboudois an Cupressus pyramidalis und Abies balsamea (Ann. d. sc. nat. 1848).

Die Blattstränge der Coniferen steigen in den Stammtheilen radial-senkrecht nach unten; sie liegen mehr oder weniger genau in einem Kreis, und legen sich seitlich an tiefere Blattspuren an. Ihre Verdickungsschichten verbreitern sich nach aussen, und vereinigen sich bald zu einem von Markstrahlen unterbrochenen Holzring.

1. Blätter schraubenständig. Blattspur 1strängig.

Pinus sylvestris Lin.

Die schuppenförmigen Blätter bilden eine Spirale, deren Divergenz in der Terminalknospe wahrscheinlich $^{13}/_{55}$ oder $^{21}/_{55}$ beträgt. Denn weder das 5., noch das 13., noch auch das 21. Blatt steht genau senkrecht über dem Ausgangsblatt. In jedes geht ein Fibrovasalstrang, welcher im Stamme durch 14 bis 26 Internodien heruntersteigt, ehe er sich an den Strang eines tiefern Blattes anlegt. Diese Vereinigungen geschehen nicht ganz regelmässig, was auf einen etwas tangentialschiefen Verlauf hinweist. Man unterscheidet auf dem Querschnitt gegen 20 und mehr Blattspuren.

Die schuppenförmigen Blätter an der Basis eines Jahrestriebes haben keine Axillargebilde; die folgenden erzeugen die kurzen Nadelzweiglein; die obersten 2 bis 3 bilden Aeste, die dem Tragspross gleich sind. Die Nadelzweiglein haben 9—11 schuppenförmige und an der Spitze 2 nadelförmige Blätter, welche die gleiche Stellung (jedoch mit entgegengesetzter Wendung) zeigen, wie am Haupt-

Digitized by Google

spross. Jedes derselben erhält ebenfalls einen Strang; die Spuren liegen im Zweiglein alle neben einander. 2 Stränge treten aus demselben in den Ast ein, setzen sich daselbst aber nicht an die Spur des Tragblattes an, sondern divergiren und vereinigen sich mit Spuren höherer Blätter.

Abies pectinata DC.

Die schuppenförmigen Blätter am Grunde jedes Jahrestriebes und die Nadeln, welche darauf folgen, stehen in einer Schraubenlinie, welche in der Terminalknospe $^{13}/_{34}$ oder ein noch höheres Stellungsverhältniss zeigt. Die Blattspuren sind 1 strängig und steigen durch 16 — 25 Stengelglieder hinab, ehe sie sich an untere ansetzen. Die Vereinigungen sind auch hier unregelmässig, so dass man auf dem Querschnitt, welcher bis auf 20 Blattspuren aufweist, immer die Stränge einzelner höherer Blätter (z. B. des 22., 24.) noch getrennt findet, während diejenigen tieferer Blätter (z. B. des 17., 19.) schon mit einander verschmolzen sind.

Bei Taxus baccata ist nach der Darstellung von Hanstein (Jahrbücher für wiss. Bot. I, 249) die Anordnung der Blattspuren regelmässig und entspricht derjenigen der Blätter. Ich muss gestehen, dass mir die daselbst gegebene Bezeichnung der Stränge etwas willkürlich erscheint, und dass ich überhaupt so weit vorgerückte Zustände für weniger geeignet zur Beobachtung halte. Meine Untersuchungen an Pinus und Abies wurden, wie die übrigen, unmittelbar unter der Terminalknospe angestellt, und stützen sich auf Reihen successiver Querschnitte. — Das Nämliche gilt von den Bemerkungen Hanstein's über Podocarpus chinensis, Cryptomeria Lobbi und andere Coniferen.

2. Blätter schraubenständig. Blattspur 2strängig, nach unten 1strängig.

Salisburia adiantifolia Sm. (I, 6, 7).

Das Stellungsverhältniss in der Terminalknospe (Fig. 7) ist complizirter als $^3/_8$, vielleicht $^5/_{13}$. Die beiden Stränge eines Blattes verlaufen im Stamme neben einander liegend mehr oder weniger weit nach unten, indem sie sich immer mehr nähern und zuletzt in Einen verschmelzen. Der Querschnitt durch den Endtheil eines Sprosses (Fig. 6) zeigt daher einen Kreis von Blattspuren, deren Grösse in spiraliger Folge abnimmt. Die grössten (die den untersten Blättern angehören) sind je doppelt vorhanden und liegen am weitesten aus einander (a); mit abnehmender Grösse rücken die beiden Stränge eines Paars näher zusammen (b, c); die kleinsten Spuren (für die obersten Blätter) sind einfach (d, e, f). Die nämliche Anordnung beobachtet man auch an den Querschnitten durch ältere Triebe, die einen geschlossenen Holzcylinder haben. Derselbe zeigt an seiner innern Oberfläche einspringende Winkel; in den tiefsten und weitesten derselben

Digitized by Google

liegen die Spurpaare für die untersten Blätter. — Die 2 ins Blatt eintretenden Stränge theilen sich sogleich dichotomisch, welche Theilung sich mehrfach wiederholt.

3. Blätter opponirt oder quirlständig. Blattspur 1 strängig.

Thuja occidentalis Lin. und Biota orientalis Endl.

Die Blätter sind opponirt; die Blattpaare alterniren auch in der Terminalknospe rechtwinklig. Die beblätterten Zweige sind etwas zusammengedrückt. Die an den Seiten befindlichen flachen Blätter sind steril. Von den die Kanten bildenden kahnförmigen Blättern trägt je das 1., 2., 3. oder 4. folgende Paar alternirend rechts und links je einen Ast, selten 2 opponirte Aeste.

Der Fibrovasalstrang, den jedes Blatt erhält, geht durch 2 Internodien nach unten. Am zweit untern Knoten, wo die beiden Spuren eines Blattpaars auf diejenigen des dortigen Paars treffen, biegen sie aus und zwar gewöhnlich beide nach rechts oder beide nach links, und können noch durch 1 oder 2 Internodien verfolgt werden. Das Ausbiegen der Blattspuren findet an dem nämlichen Spross immer nach der nämlichen Richtung (rechts oder links) statt; seltener ist dasselbe (statt gleichwendig) symmetrisch-convergirend. Später bildet der ausbiegende Strang einen zweiten Schenkel auf der andern Seite, der ebenfalls nach unten geht. — Aus dem jungen Ast treten zwei Stränge in den Tragspross ein.

Diess sind die Erscheinungen in der Stammspitze. Die Querschnitte durch die Internodien zeigen bis auf 12 Stränge. Die Art, wie die Vereinigungen stattfinden, ist mir unbekannt.

Juniperus communis Lin. (II, 3—5).

Die Blätter stehen in dreizähligen Quirlen, welche auch in der Terminalknospe genau mit einander alterniren. Die 1 strängigen Spuren eines Quirls steigen ungetheilt durch sein Stamminternodium nach unten, und spalten sich in der obern Hälfte des folgenden in zwei Schenkel, welche noch in dem nämlichen Internodium rechts und links an die 3 diesem letztern (d. h. dem 1. Quirl) angehörigen Stränge sich anlegen (Fig. 5). Der höchste Querschnitt durch den mit Blattspuren begabten Theil eines Sprosses zeigt daher 3 Stränge. Jeder folgende kann 6 oder 9 enthalten, nämlich 6 oben (Fig. 4), 9 unten im Internodium (Fig. 3).

Cupressus pendula Thunb.

Die Blätter sind opponirt (selten gedreit), die Paare auch in der Anlage rechtwinklig-alternirend. Die Spur jedes Blattes geht verschieden weit (durch 1 — 3 Internodien) nach unten, ungetheilt oder häufiger sich in 2 Schenkel spaltend. Die Vereinigungen sind unregelmässig. Am häufigsten scheinen sie so zu

Digitized by Google

geschehen, dass die Blattspuren oder deren Schenkel sich in 4 sympodiale Stränge vereinigen, die mit den 4 Blattzeilen alterniren; eine Anordnung, welche ganz an Lycopodium erinnert.

4. Blätter gegenständig. Blattspur 2strängig.

Ephedra vulgaris Rich. (II, 1, 2).

Die opponirten Blätter sind in eine Scheide verwachsen; die Paare alterniren schon in der Anlage rechtwinklig. In jedes Blatt treten 2 Stränge ein, welche in demselben ohne Verzweigung parallel laufen. Im Stamme gehen dieselben durch 2 Internodien nach unten, um sich im zweituntern Knoten an die Stränge desselben anzulegen (Fig. 1). Der Querschnitt durch das oberste gefässführende Stengelglied zeigt daher 4 Blattspurstränge; alle folgenden Internodien haben deren je 8, wovon immer 2 gegenüberliegende Paare dem gleichen Blattpaare angehören (Fig. 2).

In dem Knoten bildet sich frühzeitig ein Vasalring, indem zwischen den Strängen kurze Gefässe auftreten und dieselben zu einem geschlossenen Gürtel vereinigen (Fig. 1, i, k, l). In den Internodien dagegen bleiben die Blattspurstränge immer getrennt; zwischen ihnen bilden sich nur Holzzellen. Die Markscheide ist an den Knoten (wo sich der Gefässgürtel befindet) etwas zusammengezogen.

Die Blätter der Dicotyledonen erhalten 1 bis zahlreiche Fibrovasalstränge aus dem Stengel. Ihre Spuren sind in der Regel unpaarsträngig (mit einem Medianstrang). Davon giebt es nur wenige Ausnahmen, unter die namentlich die Labiaten und ferner, wie auch schon von Lestiboudois hervorgehoben wurde, die Cotyledonen sehr vieler Gewächse gehören, deren übrige Blätter einen Medianstrang in ihrer Spur besitzen. In die meisten Cotyledonen treten 2 Stränge ein, welche sich gewöhnlich schon am Grunde zu dem Mittelnerv derselben vereinigen, so bei Plantago, Urtica, Mercurialis, Antirrhinum, Impatiens, Tropaeolum, Vitis, Lupinus, Lathyrus etc.

Bei Phaseolus dagegen sind diese beiden Stränge bald getrennt, bald in eine Masse verschmolzen; und bei manchen Pflanzen haben die Cotyledonen nur eine 1strängige Blattspur im Stengelchen, z. B. Papaver orientale Lin., Lepidium sativum Lin., Helianthemum ledifolium Pers., Spergula arvensis Lin., Agrostemma Githago Lin., Gypsophila elegans Bbrst., Portulaca oleracea Lin. Es ist möglich, dass bei einigen dieser Pflanzen der scheinbar einfache Strang in den allerfrühsten Zuständen doppelt ist. — Bei Cucumis sativus Lin. und C. Melo Lin.

Digitized by Google

gehen 4 Stränge in jeden Samenlappen über, von denen sich die beiden mittleren zum Mediannerv vereinigen; etwas Aehnliches findet bei Convolvulus tricolor Lin. statt. — Die Cotyledonen von Mirabilis Jalapa Lin. haben jeder 5 Spurstränge. Der mittelste derselben ist sehr zart; etwas stärker sind die äussern seitlichen, am stärksten die innern seitlichen. Die letztern vereinigen sich mit dem zarten Medianstrang zum Mittelnerv. — Bei Ricinus communis Lin. sind die Spuren der Cotyledonen bald 4-, bald auch 5strängig, indem zwischen den mittlern Strängen zuweilen wie bei Mirabilis ein schwacher Medianstrang auftritt.

Die 1strängigen Blattspuren der Cotyledonen gehen, ohne sich zu theilen, bis zum Grund des Cauliculus, wo sie mit einander verschmelzen. Die doppelsträngigen verhalten sich ungleich. Entweder nähern sich die beiden Stränge einer Spur allmälig und vereinigen sich früher oder später zu einem einzigen; der Querschnitt zeigt dann 2 Stränge, die in ihrer Stellung den beiden Cotyledonen entsprechen. Oder es verschmelzen, gewöhnlich unmittelbar unter dem Eintritt in das Stengelchen, die ungleichnamigen Stränge der beiden Spuren (d. h. der rechte der einen mit dem linken der andern Spur); auf dem Querschnitt des Stengelchens sieht man 2 Stränge, die mit den Cotyledonen alterniren. Beispiele für das erstere Verhalten (mit engern und unter einander getrennt-läufigen Spuren) geben Lupinus luteus Lin., Lathyrus Aphaca Lin., Urtica Dodartii Lin. Das zweite Verhalten (mit weiteren, am Rande vereintläufigen Spuren) ist häufiger; man findet es bei Antirrhinum majus Lin. (XIII, 1), Tropaeolum majus Lin., Impatiens Balsamina Lin., Vitis vinifera Lin.

Ein Keimpflänzchen von Antirrhinum majus mit 3 Cotyledonen zeigte folgende Anordnung. Die 2strängigen Spuren vereinigten sich auch hier mit ihren ungleichnamigen Schenkeln, so dass der Querschnitt 3 mit den Cotyledonen alternirende Stränge zeigte. Tiefer im Stengelchen verschmolzen noch 2 derselben in eine Masse. Wenn man die beiden Stränge, welche in die 3 Samenlappen A, B und C eintreten, mit Al (links) und Ar (rechts), Bl und Br, Cl und Cr bezeichnet, so bestanden die Mittelnerven derselben aus Al + Ar, aus Bl + Br und aus Cl + Cr; die 3 Stränge im Cauliculus aus Al + Cr, aus Cl + Br und aus Bl + Ar, und die 2 ungleich grossen Stränge in seiner Basis aus Al + Cr + Cl + Br und aus Bl + Ar (XIII, 3; a, b und c vereinigen sich zu s und r).

Die 4strängigen Spuren der Cotyledonen von Cucumis sind am Rande vereintläufig, indem die ungleichnamigen seitlichen Stränge mit einander verschmelzen. Der Querschnitt des Stengelchens zeigt daher 6 Stränge, 4 eigenläufige und 2 vereintläufige. Die beiden letzteren trennen sich gegen die Basis wieder in 2 Schenkel und vereinigen sich mit den 4 ersteren. — Die 8, 9 oder 10 Stränge, welche in die Cotyledonen eintreten, vereinigen sich bei Ricinus in 4, bei Mirabilis in 2.

Digitized by Google

Bei den meisten Dicotyledonen haben die Stränge der Blattspuren einen radialsenkrechten Verlauf. Sie ordnen sich daher in einen einfachen Kreis, und haben bloss in tangentialer Richtung Beziehungen zu einander; in dieser Richtung finden Kreuzungen und Verschmelzungen statt. Das System aller Blattspuren zusammen zeigt uns ein einschichtiges Netz, welches das Mark umgiebt und von der Rinde umschlossen wird.

Die Fibrovasalbildung bleibt zuweilen bei diesem Blattspurnetze stehen, das jedoch noch durch nachträgliche Verbindungsstränge vervollständigt werden kann. Häufig vereinigen sich die Stränge des Netzes, indem sie nach aussen in die Dicke wachsen, und sich dabei in die Breite ausdehnen, in einen mehr oder weniger genau geschlossenen Fibrovasalring. Zuweilen auch treten ausserhalb des Blattspurnetzes neue Stränge auf, sei es, dass bei unbegrenzt fortdauerndem Cambiumring der grössere Theil des Xylems sich in Parenchym verwandelt und die Gefässe sammt den dieselben zunächst umgebenden Prosenchymzellen strangartig isolirt, sei es, dass in dem Meristemring periodisch neue Cambiumstränge auftreten. Diese äussern Fibrovasalstränge sind ebenfalls namentlich in tangentialer Richtung netzförmig verbunden; sie stehen übrigens mit den Blattspuren in keiner genetischen Beziehung, indem sie nicht etwa deren Verlängerungen nach unten sind.

1. Blätter schraubenständig. Blattspur 1strängig.

Die Blattstränge steigen durch zahlreiche Internodien nach unten, und vereinigen sich gewöhnlich mit denen bestimmter unterer Blätter, so dass der Querschnitt die Spuren in gewisser spiraliger Folge zeigt, die mit der Blattspirale zwar nicht identisch, aber doch verwandt ist.

Iberis amara Lin. (III, 1—5).

Laubsprosse. Ich habe schon oben (Pag. 44) von dieser Pflanze gesprochen und verweise hier darauf. Die Blattstellung in der Terminalknospe ist $^5/_{13}$ (Fig. 1). Jeder Strang geht durch 10 oder 11, seltener 12 Internodien nach unten und legt sich daselbst an denjenigen des 5. untern Blattes an. Dabei beschreibt er die Form eines langgezogenen *S*, indem er zuerst nach der Aufsteigseite, dann nach der Absteigseite von der verticalen Richtung abweicht. Die Stränge sind also durch 5, 6 oder 7 Internodien eigenläufig. Durch ihre Vereinigungen entstehen 5 den ganzen Spross durchziehende sympodiale Stränge (Fig. 5), welche durch 65 Internodien einen Umlauf vollenden und an denen die eigenläufigen Stränge als einseitige Abzweigungen erscheinen. Der schiefe Verlauf der Blattspuren ist mit der Blattspirale antidrom; d. h. wenn die letztere rechtswendig ist, so steigen die Stränge nach links empor.

Digitized by Google

Zwischen den Blattspuren treten später schiefe Verbindungsstränge ohne regelmässige Anordnung auf. Ich finde die ersten Andeutungen derselben in dem 14. bis 18. gefässführenden Internodium unter dem Scheitel (Fig. 2 und 3, a, a). Der in das Blatt ausgehende Strang giebt im Grunde desselben sogleich rechts und links einen schwachen Seitenast ab. — Die beiden Stränge, welche aus der Axillarknospe, deren erste Blätter rechts und links liegen, in den Tragspross eintreten, legen sich sogleich an die nächsten Stränge an.

Arabis albida gehört nach der Beschreibung und Zeichnung Hanstein's (Jahrbücher für wiss. Bot. I, 235) jedenfalls hieher; es lässt sich daraus aber nicht entnehmen, wie weit sie mit Iberis übereinstimme oder nicht.

Jasminum fruticans Lin.

Laubzweige. Die Internodien des ausgebildeten Zweiges sind 5kantig. Nach dem Verlaufe der Kanten, von denen je 2 von einer Blattbasis nach unten steigen, zu urtheilen, ist die Blattstellung $^2/_5$. Die Blattstränge gehen aber durch mehr als 5, selbst mehr als 8 und 13 Stengelinternodien, ehe sie sich an eine tiefere Spur anlegen. Wenn man, von oben anfangend, Querschnitte durch das Sprossende macht, so nimmt die Zahl der Stränge bis auf 10, 12 und 15 zu, an deren ungleicher Grösse man mehr oder weniger deutlich die spiralige Folge erkennt. Weiter abwärts wird die Unterscheidung der Blattspuren unsicher; es bildet sich nach und nach ein ununterbrochener Fibrovasalring. Von der Vereinigung der Stränge weiss ich nur so viel, dass sie nach einem ungleich langen Verlaufe erfolgt. — Wenn die Stengelkanten als senkrecht und die Blattstellung zu $^2/_5$ angenommen wird, so ist die schiefe Richtung der Blattspuren mit der Blattspirale homodrom, indem eine Spur bei der 5. untern anlangend nach der Absteigseite derselben ausbiegt.

Sarothamnus scoparius Koch (II, 6—8).

Die ausgebildeten Laubzweige sind 5kantig; der Verlauf der Kanten und die Blattstellung verhalten sich wie bei Jasminum fruticans. Auch in der Terminalknospe ist die Divergenz ziemlich genau $^2/_5$ (Fig. 6). Die Zahl der Blattspuren beträgt 14 bis 20, mit ziemlich deutlicher spiraliger Anordnung (Fig. 7, 8). Dann fangen einzelne an, seitlich unter einander zu verschmelzen, bis sie sich vollständig zu einem Fibrovasalring schliessen. Der Verlauf und die Vereinigung der Stränge stimmt mit Jasminum überein.

2. Blätter schraubenständig. Blattspur mehrsträngig, höchstens mit der 5. verschränktläufig.

Mehrere (3 oder 5) Stränge gehen von einem Blatte durch den Stengel, und vereinigen sich früher oder später mit einander. Sie sind mit der 5. oder einer noch fernern Blattspur verschränktläufig.

Digitized by Google

Lepidium sativum Lin. (II, 9).

An Keimpflänzchen folgen auf die beiden Cotyledonen 2 Primordialblätter, die in gleicher Höhe und fast opponirt stehen, und mit jenen ein Kreuz bilden. Dann schliessen sich die übrigen Blätter in spiraliger Ordnung an. — Die Cotyledonen und die Primordialblätter haben 1 strängige Blattspuren. Wenige der nächsten Blätter erhalten 3 Stränge, welche sich sogleich nach ihrem Eintritt in den Stengel vereinigen, einen starken Medianstrang, der den Mittelnerv bildet, und 2 schwache seitliche.

Bei allen folgenden Blättern ist dieser Medianstrang in 3 getheilt. Die Uebergangsstelle zwischen Stengel und Blatt zeigt 5 Stränge, von denen der mediane zuerst, die beiden randständigen zuletzt entstanden sind. Die 3 mittlern sind etwas stärker und vereinigen sich nach oben zum Mittelnerv des Blattes. Nach unten treten sie aus einander, und es vereinigen sich die beiden schwächern Randnerven bald mit ihnen, so dass die Blattspur nun 3 strängig durch den Stengel hinabsteigt (Fig. 9, b, c, d). Zuweilen verschmilzt nur der eine Randstrang, und zuweilen sind beide getrenntläufig; im erstern Fall ist die Spur unsymmetrisch-4 strängig, im zweiten 5 strängig. — Diese 3, 4 oder 5 Stränge verlaufen selten unverändert durch den Stengel; durch stellenweise Spaltungen (Fig. 9, a) und Verschmelzungen, sowie durch Einschiebung von schiefen Verbindungsbündeln wechselt das Ausschen der Blattspur, doch innerhalb gewisser Grenzen, so dass sie 3, 4 oder 5 strängig bleibt und ungefähr ihre Weite (⅛ oder ¼ des Umfanges) behält, bis sie zuletzt 2 und 1 strängig wird.

Man kann die Blattspur durch 6 — 8 Stengelinternodien verfolgen; Querschnitte unter der Terminalknospe zeigen diese Anzahl (6 — 8) von Spuren in deutlicher spiraliger Folge (Fig. 9). Weiter abwärts erkennt man aber nicht mehr sicher, wie viel jedem einzelnen Blatt angehört. Kreuzung und Vereinigung mit untern Blattspuren scheinen wenigstens innerhalb der ersten 5 Internodien nicht vorzukommen.

Impatiens Balsamina Lin.

Die Keimpflänzchen haben über den beiden Cotyledonen 2 gegenüberstehende Primordialblätter, dann noch ein Paar von fast opponirten Blättern, worauf die Spiralstellung eintritt. Die Spur der Cotyledonen ist 2 strängig, die der übrigen Blätter 3 strängig. Die 3 Stränge, von denen sich der mittlere zuerst bildet, scheinen mit Rücksicht auf Kreuzung und Vereinigung sich ähnlich zu verhalten wie bei Lepidium sativum.

Scopolina atropoides Schult. (III, 6, 7).

Diese Pflanze scheint ebenfalls hieher zu gehören. Der aus dem unterirdischen Stock entspringende Stengel trägt alternirende Blätter und endigt in eine

Digitized by Google

Blüthe. Unterhalb des Blüthenstieles, wo gewöhnlich 3 Blätter in gleicher Höhe stehen, theilt er sich in 2 Aeste. Dieselben tragen an ihren Knoten einseitig je 2 Blätter, und dazwischen einen Blüthenstiel. Sie sind Sympodien von 2blättrigen, in eine Blüthe ausgehenden Sprossen. Von den beiden Blättern ist das eine etwas stärkere das Tragblatt des Sprosses und mit demselben in der ganzen Länge des Internodiums verwachsen, das andere etwas kleinere ist sein erstes oder sein Vorblatt.

Die Richtigkeit dieser morphologischen Betrachtungsweise wird durch die Entwicklungsgeschichte bestätigt. Das bewaffnete Auge erkennt in der Terminalknospe die oberste, noch in der Anlage begriffene Blüthe deutlich als das Ende eines kurzen Sprosses, an welchem 2 gleich grosse Blätter stehen, das eine etwas tiefer inserirte ohne, das andere mit einer Axillarknospe, welche etwas an die Basis ihres Tragblattes angewachsen ist. Mit der weiteren Entwicklung rückt die scheinbare Basis des obern Blattes an dem in seiner Achsel befindlichen und sich verlängernden Spross in die Höhe. Der letztere bildet wieder 2 Blätter, von denen das eine zweiglose neben dem Tragblatte stehen bleibt, das andere zweigtragende in gleicher Weise in die Höhe gehoben wird.

Die successiven Sprosse des Sympodiums sind antidrom; daher stehen die gleichnamigen Blätter an den gerad bezifferten Sprossen einerseits, an den ungeraden anderseits senkrecht über einander. Der Abstand der beiden Blätter des gleichen Sprosses beträgt in der Terminalknospe etwa 165°. Sie sind also fast opponirt; daher rührt die anfänglich scheinbar axilläre Stellung des Blüthenstieles. Der Abstand des ersten Blattes eines Sprosses von dem obern Blatt des nächstvorhergehenden (also zwischen den 2 Blättern, welche nachher zusammen ein Paar bilden) ist ursprünglich ungefähr 100°.

Betrachten wir nun das Sympodium als continuirlichen, mit Blattpaaren besetzten Strahl, und die Sprosse, aus denen er besteht, als Internodien, bezeichnen wir ferner die Blätter mit I, II, III, IV, V, VI, in der Art, dass I und II, III und IV, V und VI je ein Paar darstellen und dass II und III, IV und V je einem Spross angehören, so sind I, III, V Tragblätter, II, IV, VI Vorblätter, V steht median über I und VI über II, und wir haben folgende Anordnung der Blattspuren. In jedes Blatt gehen 3, in den Blüthenstiel 2 Fibrovasalstränge aus, welche zuweilen alle durch 2 volle Internodien des Sympodiums gehen. Der Querschnitt durch ein Internodium zeigt dann 16 Stränge, von denen die 8 an einem Knoten austretenden unmittelbar neben einander liegen. Durch einen Durchmesser lässt sich daher der Querschnitt so halbiren, dass die eine Hälfte der Stränge dem nächsten, die andere dem zweitnächsten Blattpaar sammt Blüthenstiel angehört. Die 3 Stränge jedes Blattes liegen unmittelbar neben einander (Fig. 7, abc, def, kil, mno). Die 2 Stränge eines Blüthenstiels befinden sich rechts und links neben der Blattspur II, IV und VI, und bilden mit derselben gleichsam ein Ganzes von 5 Strängen (Fig. 7, gh, pq).

Die Stränge von Blatt V und VI und des zugehörigen Blüthenstieles (Fig. 7, rst, uvx) legen sich im zweituntern Knoten (bei Blatt I und II) an, und

Digitized by Google

zwar entweder an solche Stränge, welche dort das Sympodium verlassen, oder an solche, die erst im folgenden Knoten abgehen, oder selbst an solche, die dem gleichen Knoten angehören. Die Ansatzstelle befindet sich nicht immer im Knoten selbst, sondern zuweilen etwas über oder unter demselben, so dass der Querschnitt durch den untersten Theil eines Internodiums 14 oder 15, durch den obersten 17 und 18 Stränge zeigen kann. Namentlich sind es die Medianbündel, welche häufig tiefer, die seitlichen, welche eher höher sich ansetzen.

Ich habe bis jetzt den etwas seltenern Fall berücksichtigt, dass alle Stränge durch 2 ganze Internodien gehen, ehe sie sich anlegen. Häufiger geschieht es indess, dass einzelne sich schon weiter oben mit andern vereinigen. Daher zeigt der Querschnitt durch ein Internodium dann bloss 15, 14, 13 oder 12 Stränge (Fig. 6). — Es sind bestimmte Stränge, welche die Neigung zeigen, schon nach einem kürzern Weg mit andern zu verschmelzen, während die übrigen diess nie thun. Die Medianbündel aller Blätter und das seitliche des Tragblattes, welches dem Vorblatte des nämlichen Paars zugekehrt ist, durchziehen immer 2 ganze Internodien. Der dem Vorblatte abgekehrte seitliche Strang des Tragblattes und der dem Tragblatte abgekehrte Strang des Blüthenstiels können schon nach Einem Internodium, der dem Tragblatte zugekehrte Strang des Blüthenstiels und die beiden seitlichen Stränge des Vorblattes können ebenfalls nach Einem Internodium oder schon früher sich ansetzen.

Betrachten wir nun die Art und Weise, wie die Vereinigungen der Blattspuren stattfinden, genauer, so finden wir, dass dabei eine Verschränkung nie statt hat, dass nie ein oberer Strang zwischen die Bündel, die einer untern Spur angehören, eintritt, und dass dabei die beiden rechts und links neben der Spur eines Vorblattes (II, IV, VI) liegenden Stränge des Blüthenstiels sich so verhalten, als ob sie Theile dieser Spur selbst darstellten, und als ob die letztere 5strängig wäre. Die 3 und 5 zusammengehörigen Bündel z. B. von Blatt V und VI spreizen am Grunde des zweiten Internodiums, und fassen die eintretenden Spuren (von Blatt I und II sammt Blüthenstiel) zwischen sich, gewöhnlich so, dass die Medianstränge symmetrisch nach den Spuren III und IV divergiren, und dass die eine Hälfte der seitlichen Stränge nach der andern Richtung hin ausbiegt (Fig. 7). Es kommt auch wohl vor, dass alle 3 oder 5 Stränge nach der nämlichen Seite hin ablenken.

Was endlich die Reihenfolge betrifft, in welcher die Stränge entstehen, so ist sie meistens folgende. Nachdem die Blattspur I, die dem untern Spross angehört, angelegt ist, tritt zuerst der Medianstrang II auf, dann die beiden Stränge für den Blüthenstiel II, darauf der Medianstrang III, später die beiden seitlichen II und endlich die beiden seitlichen III. Damit ist der Spross versorgt, und es schreitet die Ausbildung des folgenden Sprosses zuerst wieder mit dem Medianstrang IV fort. — Die Medianstränge der 2 dem gleichen Spross angehörenden Blätter entstehen oft fast gleichzeitig, während die beiden Blätter an einem Knoten des Sympodiums eine bemerkbare Differenz zeigen. Je zwei gleichwerthige

Digitized by Google

Stränge (die seitlichen eines Blattes oder die des Blüthenstiels) entstehen meist zu gleicher Zeit; seltener tritt der eine etwas vor dem andern auf.

3. Blätter schraubenständig. Blattspur 5strängig, mit der 3. und 5. verschränktläufig.

Cocculus laurifolius DC. (IV, 1, 2).

Laubsprosse. Es wurden nur Zweige ohne lebendigthätige Terminalknospe untersucht. Die Divergenz der Blattspirale ist $^3/_8$ oder ein höheres Verhältniss. Die 5 Stränge der Blattspur spalten sich beim Austritt aus dem Stengel mehrfach. Die 2 erstseitlichen geben die eine Hälfte an die Axillarknospe ab; ihre andere Hälfte und die beiden zweitseitlichen bilden zuerst 6 dann 8 Stränge, welche sammt dem Medianstrang in der Basis des Blattstieles in einen Kreis gestellt sind.

Der Medianstrang der Blattspur (Fig. 2, a, a, a) geht durch 5 Internodien nach unten, und biegt so aus, dass er alle 5 Stränge des 5. Blattes seitlich lässt; oder er spaltet sich in 2 Schenkel, von denen einer oder beide zwischen diese 5 Stränge eintreten. — Die beiden lateralen Stränge der Aufsteigseite (Fig. 2, ec, ec, ec) verschmelzen gewöhnlich nach 2 Internodien, zuweilen auch später mit einander; seltener gehen sie getrennt durch alle 5 Internodien. Sie verschränken sich mit den Strängen des 5. Blattes. — Die beiden lateralen Stränge der Absteigseite (Fig. 2, bd, bd, bd) gehen gewöhnlich eigenläufig durch 3 Internodien, und treten zwischen die Stränge des 3. Blattes ein, nachdem häufig zuvor eine Vereinigung zwischen ihnen stattgefunden hat. Zuweilen verschränkt sich nur der zweitseitliche mit der 3. Blattspur, während der erstseitliche nach dem Medianstrang ausbiegt; zuweilen biegen auch beide in gleicher Richtung aus, wobei gewöhnlich eine Verschmelzung derselben eintritt.

Betrachten wir die 5 Stränge einer Blattspur (Fig. 2, abcde) ohne Rücksicht auf diejenigen der höhern Blätter, so sind sie durch 3 Internodien eigen- und nebenläufig, wobei im dritten gewöhnlich die beiden aufsteigend- oder anodisch-seitlichen vereintläufig werden. — Die beiden absteigend- oder kathodisch-seitlichen (bd, — oder auch nur der eine, nämlich d) verschränken sich mit der 3. Blattspur; die übrigen (eca oder ecab) mit der 5., nachdem sie durch das 4. und 5. Internodium bald eigenläufig, bald vereintläufig gegangen sind. — Die beiden lateralen Stränge der Absteigseite (bd) sind meistens 3schrittig, der mediane (a) meist 5schrittig und die beiden lateralen der Aufsteigseite (ec) bald 5-, bald auch nur 3schrittig (d. h. sie gehen durch so viele Internodien, ehe sie sich an untere Blattspuren ansetzen).

Im Uebrigen sind die Vereinigungen der Blattspurstränge verschieden und mannigfaltig. Oft auch spaltet sich 1 Strang nach unten in 2; und noch häufiger kommen schiefe Verbindungsstrenge vor.

Digitized by Google

Die Stränge der äussern Kreise, welche sich später bilden (Pag. 28), hängen nicht mit den Blattspuren so zusammen, dass sie als deren Fortsetzungen erscheinen würden. Jeder Kreis stellt für sich ein Netz mit langgezogenen Maschen dar, welches mit dem Blattspurnetze und den übrigen Netzen vorzüglich nur in den Knoten durch Anastomosen verbunden ist.

4. Blätter schraubenständig. Blattspur 3strängig, mit der 2. und 3. verschränktläufig.

Menispermum dauricum DC.

Laubtriebe. Die Divergenz der Blätter in der Terminalknospe der windenden Stengel beträgt im Mittel 138½ bis 139½°, was auf eine $^5/_{13}$ Stellung zu deuten scheint. — Von den 3 Spursträngen kann jeder durch 5 bis 8 und mehr Internodien hinabsteigen, ehe er sich an den Strang einer untern Spur ansetzt. Der Medianstrang kann sich im 5. untern Knoten mit dem anodisch-seitlichen des 3. untern Blattes vereinigen. Der kathodische Lateralstrang kann ebenfalls im 5. Knoten mit dem medianen des 3. untern Blattes, und der anodische Lateralstrang im 5. Knoten mit dem medianen des 2. untern Blattes sich vereinigen. Zuweilen schmelzen 2 Stränge der nämlichen Spur zusammen, so z. B. der Medianstrang mit dem anodisch-lateralen im 5. untern Knoten.

Der Querschnitt durch ein Internodium zeigt meist 18 — 19, zuweilen bloss 16 — 17 Stränge; selbst in der Basis des 8 Fuss langen Stengels sind dieselben noch vollkommen getrennt. Diese Zahl beweist, übereinstimmend mit den direkten Beobachtungen, dass die Stränge durchschnittlich durch 6 Glieder hinabgehen, bis sie sich an untere Spurstränge ansetzen.

Die Blattspur umspannt im eigenen Internodium einen Bogen von 75 bis 80°. Oben ist sie enger; nach unten erweitert sie sich allmälig. Sie erreicht in der untern Hälfte des Internodiums ihre grösste Weite. In den folgenden Gliedern verengert sie sich, so dass sie im 2. und 3. untern Internodium z. B. noch 65° weit ist. — Würden die Stränge radial-senkrecht im (ungedrehten) Stengel heruntersteigen, so könnte nur der kathodisch-laterale mit dem anodischen des drittuntern Blattes sich kreuzen; es verschränkt sich aber auch meistens der anodisch-laterale mit dem kathodischen der zweituntern Spur. Diess ist nur durch einen schiefen und zwar mit der Blattspirale antidromen Verlauf der Spurstränge möglich. — Der Medianstrang tritt, wenn diese schiefe Richtung nur gering ist, zwischen den medianen und den kathodisch-lateralen, wenn sie grösser ist, zwischen den medianen und den anodisch-lateralen der 3. untern Spur ein.

Die Divergenz der Medianstränge ist (in Folge des schiefen antidromen Verlaufes) immer grösser als die der Blätter. Sie zeigt aber ungleiche Werthe, je nachdem ihr Verlauf mehr oder weniger von der senkrechten Linie abweicht. In einem Zweig, in welchem der Medianstrang immer auf die Kathodalseite des

Digitized by Google

5. untern zu liegen kam, und der anodische Lateralstrang mit dem kathodischen des 2. untern Blattes bald sich verschränkte bald auch nicht, betrug der Abstand der Medianstränge im Mittel 140°. In einem andern Zweig, in dem der Medianstrang ziemlich constant auf der Anodalseite des 5. untern sich befand, und die Verschränkung des anodisch-seitlichen mit dem kathodischen der zweituntern Spur nie ausblieb, wurde die mittlere Divergenz der Medianstränge zu 148° gefunden. Die Differenz zwischen Blattstellung und Anordnung der Spurstränge ist im letztern Falle um so deutlicher, weil die Blätter in der Horizontalprojection folgende Ordnung: 0, 8, 3, 6, 1, 9, 4, 7, 2, 5, die Medianstränge aber in gleicher Richtung die folgende zeigen: 0, 5, 3, 8, 1, 6, 4, 9, 2, 7.

Wenn die Spurstränge der obern Blätter in den Knoten auf solche treffen, welche aus dem Blatte in den Stengel eintreten, so biegen sie aus. Häufig bildet sich dann später ein zweiter schwächerer Schenkel, welcher, nach der entgegengesetzten Seite ausweichend, sich an den nächsten Strang ansetzt. In Folge dessen umfasst nun der obere Strang den untern mit 2 ungleich starken Schenkeln.

Ribes rubrum Lin. (IV, 3, 4).

Laubtriebe. Die Divergenz der Blätter beträgt in der Terminalknospe im Mittel $136^{3}/_{7}^{0}$, und das 8. steht nicht senkrecht über dem Ausgangsblatt. Von den 3 Strängen einer Blattspur bildet sich der mediane etwas früher, so dass man unter dem Scheitel nicht selten 2 Spuren noch ohne Lateralstränge findet.

Die Blattspuren sind bis in das 7. oder 8. der gefässführenden Internodien abwärts vom Scheitel deutlich erkennbar; weiterhin wird die Unterscheidung derselben unsicher oder unmöglich. Bis dahin verhält sich die Anordnung folgendermaassen (Fig. 4). Der Medianstrang (q, n, k), welcher auf den seitlichen der Aufsteigseite vom 3. untern Blatt (i, f, c) trifft, biegt kathodisch aus, und geht neben demselben hinunter. Der anodisch-seitliche (s, p, m) steigt ziemlich gerade durch 7 Internodien herab. Der kathodisch-seitliche (r, o, l) trifft auf den Medianstrang des 3. untern Blattes, und biegt daselbst entweder kathodisch aus (a), oder, was häufiger der Fall ist, er spaltet sich in 2 Schenkel, welche jenen Medianstrang zwischen sich fassen (g, d). Von diesen beiden Schenkeln setzt sich der kathodische an den anodisch-seitlichen Strang des erstuntern Blattes an und zwar im 5. oder 6. Internodium, wenn die ganze Länge der Blattspur gerechnet wird. In dieser Weise zeigt der Querschnitt unter der Zweigspitze bis auf 20 ihrer Abstammung nach sicher erkennbare Blattspurstränge.

Die Weite der Blattspuren beträgt im Mittel 111°. Der Verlauf der Medianstränge ist in Folge ihres gleichseitigen Ausbiegens in geringem Maasse spiralig-schief; und zwar ist der schiefe Verlauf derselben homodrom mit der Blattspirale. Die Divergenz der Medianstränge ist daher etwas geringer als die der Blätter; ich fand sie im Mittel $134^{2}/_{3}$.

Bei Ribes nigrum verhält sich nach der Abbildung von Hanstein (Jahrbücher f. wiss. Bot. I, 264) die Anordnung der Blattspuren ganz ähnlich; nur

Digitized by Google

scheinen dieselben etwas weiter zu sein, weshalb der kathodisch-seitliche Strang nicht genau auf die Medianlinie des 3. untern Blattes trifft und daselbst sich auch nicht gabelig spaltet.

Prunus avium Lin. (IV, 5, 6).

Laubsprosse. Die Divergenz der Blattspirale beträgt in der Terminalknospe durchschnittlich $138^2/_3{}^0$, also fast genau $^5/_{13}$ des Umfanges; am ausgebildeten Zweig scheint sie $^3/_8$ zu sein. Die 3 Stränge einer Blattspur gehen durch 6 bis 7 Internodien, ohne sich an untere anzusetzen. Der Verlauf ist ungleich. Im einen Fall (Fig. 6) tritt der Medianstrang nebst dem kathodisch-seitlichen zwischen den Medianstrang und den anodisch-seitlichen der drittuntern Blattspur ein, und beide bleiben zwischen diesen 2 Strängen im 4. und den folgenden Internodien. Der anodisch-seitliche dagegen verschränkt sich mit dem kathodisch-seitlichen der zweituntern Blattspur, und liegt im 3. und den folgenden Internodien zwischen demselben und dem zugehörigen Medianstrang. — Im 2. Falle verschränken sich die beiden Lateralstränge auf gleiche Weise wie eben angegeben wurde, nämlich der kathodische mit der 3., der anodische mit der 2. Blattspur. Der Medianstrang dagegen geht zwischen diesen beiden Spuren nach unten, und tritt erst im 5. untern Knoten zwischen dessen medianen und anodisch-lateralen Strang ein.

An Zweigen, welche den erstgenannten Verlauf der Stränge zeigten, hatten die Blattspuren im 1. und 2. Internodium eine mittlere Weite von 112^0. Die Divergenz der Medianstränge betrug im Durchschnitt 133^0, was mit Rücksicht auf den Abstand der Blätter in der Terminalknospe auf einen mit der Blattspirale homodromen, schiefen Verlauf hindeutet. — Man unterscheidet die Blattspurstränge in den Zweigspitzen, bis ihre Zahl auf 17 oder 20 gestiegen ist. Dann vereinigen sie sich zu einem Fibrovasalring. — Von den 3 Strängen einer Spur entsteht zuerst der mittlere (Fig. 6, q). An die beiden seitlichen setzt sich da, wo sie in den Blattstiel ausbiegen, je ein Strang für die Nebenblätter an.

Erythrina cristagalli Lin.

Laubtriebe. In der Terminalknospe steht das 8. Blatt nicht genau senkrecht über dem Ausgangsblatt; die Divergenz könnte wohl $^5/_{13}$ sein. Die Blattspuren scheinen die nämlichen zwei Modificationen in der Anordnung zu zeigen wie Prunus. Die Zahl der Stränge steigt bis über 30, ehe die Vereinigung zu einem Holzring erfolgt.

Lupinus Lehmanni Hort. und L. luteus Lin. (V, 1 — 4).

An den Keimpflänzchen alternirt mit den beiden Cotyledonen ein Paar von opponirten Primordialblättern oder ersten Laubblättern. Mit diesen abwechselnd, und somit den Samenlappen gegenüber, steht das zweite Paar von Laubblättern,

Digitized by Google

von denen das eine etwas tiefer inserirt ist und sich etwas früher entwickelt als das andere. Die beiden Blätter des 3. Paars befinden sich nicht bloss in ungleicher Höhe, sondern zeigen auch deutlich eine horizontale Abweichung von der opponirten Lage. Das 4. Paar von Laubblättern hält die Mitte zwischen opponirter und spiraliger Anordnung; und die folgenden Blätter sind schraubenständig. Ich will alle Blätter des Keimpflänzchens mit I, II, III etc. bezeichnen, in der Art, dass I und II die Cotyledonen, III und IV die Primordialblätter, V und VI, VII und VIII, IX und X die folgenden Blattpaare sind, dass ferner I bis X eine ununterbrochene Spirale darstellen, und dass somit das ungerad-bezifferte Blatt eines Paars das wirklich oder muthmaasslich untere ist (Fig. 2).

Jeder Samenlappen hat eine 2strängige Blattspur, die am Grunde des Stengelchens 1strängig wird (a, b in Fig. 1 und 3). Zuweilen befindet sich zwischen den beiden stärkern Strängen ein schwächerer (Fig. 2, II). Alle folgenden Blätter erhalten 3 Stränge. Diejenigen der Primordialblätter, III und IV (Fig. 1, c, d; Fig. 3, cde, fgh), sind mit den Spuren der Cotyledonen nebenläufig, so dass der Querschnitt durch das Stengelchen 10 Stränge zeigt, je zu 2 (für I und II) und je zu 3 (für III und IV) kreuzweise gegenüber (Fig. 3 unter a und b). Die Medianstränge des 2. Laubblattpaares V und VI (Fig. 1, e, f; Fig. 3, i, m) gehen durch 2 Internodien nach unten, und mitten über der Spur eines Samenlappens angelangt, biegen sie convergirend aus, das eine links das andere rechts, und setzen sich sogleich an die Lateralstränge der Spur III an (in Fig. 3 an e und d). Wenn wir alle blattartigen Organe in eine ununterbrochene Spirale verbinden, so müssen wir sagen, der Medianstrang von V biege anodisch, derjenige von VI kathodisch aus. Später bildet sich noch ein zweiter, etwas schwächerer Schenkel, der über der Cotyledonarspur nach der entgegengesetzten Seite ausbiegt, und sich an den zugekehrten Lateralstrang von IV anlegt (Fig. 3, v und x). — Die seitlichen Stränge des 2. Laubblattpaares V und VI (Fig. 3, l, k, o, n) steigen durch ein Internodium nach unten, kreuzen sich im nächsten Knoten mit den Lateralsträngen von III und IV, (l mit d, k mit h, o mit g, n mit e), liegen im folgenden Internodium an der innern Seite dieser letztern, und setzen sich im 2. untern (Cotyledonar-)Knoten oder etwas tiefer an dieselben an.

Die Medianbündel des 3. Laubblattpaars VII und VIII (Fig. 3, p, q) gehen durch 2 Internodien, und verschränken sich dann mit den Spuren von III und IV; VII (p) liegt zwischen dem medianen und anodisch-lateralen Bündel von IV (zwischen f und h), VIII (q) zwischen dem medianen und kathodisch-lateralen Bündel von III (zwischen c und d). Sie setzen sich im 3. Internodium an die genannten Lateralbündel an. — Der Medianstrang von IX (Fig. 3, r) kommt an die Aufsteigseite von demjenigen des Blattes VI (m) zu liegen, der Medianstrang von X (Fig. 3, s) ebenfalls anodisch von demjenigen des Blattes V (i).

Ich bemerke hiezu, dass die Anordnung der Medianstränge, im Gegensatz zu der wirklichen Blattstellung, genau diejenige ist, welche einer streng spiraligen Blattfolge entspricht.

Aus den Axillarknospen der Cotyledonen treten je 2 Stränge in den Stengel

Digitized by Google

ein, welche sogleich sich an die seitlichen der nächstobern Spur anlegen (Fig. 8, u über a und ebenso über b).

5. Blätter schraubenständig. Blattspur 3strängig, mit der 1. und 2. verschränktläufig.

Passiflora Vespertilio Lin. (V, 5—7).

Laubtriebe. Am ausgebildeten Zweig steigen von jedem Blatt 3 Stengelrippen nach unten. Die mittlere, welche vom Rückennerven des Blattes ausgeht, trifft auf den Anodalrand des 3. untern Blattes; die anodisch-seitliche auf den Kathodalrand des 2. untern Blattes, und die kathodisch-seitliche auf den Anodalrand des nächstuntern Blattes. Wenn man nach diesem Rippenverlaufe die Stellung der Blätter bestimmen wollte, so müsste man einen Abstand derselben von etwa 127° oder $^{7}/_{10}$ des Umfanges annehmen; denn bei dieser Divergenz nähern sich die Rippen am meisten der senkrechten Richtung. — In der Terminalknospe sind jedoch die Abstände viel grösser. Es giebt, wie ich zeigen werde, zwei Modificationen für die Anordnung der Blattspuren, und denselben entsprechen auch zwei Blattstellungen. Im einen Falle sind die Blätter 145° bis 155°, im andern 150° bis 160° von einander entfernt.

Das Blatt hat 2 Nebenblätter. In seiner Achsel steht eine Ranke, rechts und links von derselben ein Blüthenstiel, und innerhalb der Ranke ein accessorischer Zweig. In jedes Blatt gehen 3, in die Ranke 2 Fibrovasalstränge aus; von den beiden Rankensträngen liegt je einer zwischen dem medianen und einem lateralen Blattstrang. — Von der Biegungsstelle eines jeden der seitlichen Blattstränge entspringen 3 Bündel für die Nebenblätter. Etwas höher theilt sich der Medianstrang in 3 Schenkel, von denen die beiden seitlichen mit den lateralen Blattsträngen Anastomosen darstellen.

Die eine Anordnung der Stränge, welcher die grösseren Divergenzen in der Terminalknospe entsprechen, ist folgende (vd. Fig. 6 und 7). Der Medianstrang (l, q, t, x) geht eigenläufig durch 2 Internodien, darauf vereintläufig mit dem kathodischen Rankenstrang der 2. untern Spur (d, i, o) durch ein ferneres Internodium, um sich am 3. Knoten mit dem kathodisch-seitlichen Blattstrang der 2. Spur zu vereinigen (qi mit g, to mit m). Der kathodisch-seitliche Blattstrang (g, m, r, u) geht eigenläufig durch ein Internodium, dann vereintläufig mit dem anodischen Rankenstrang der nächstuntern Spur (e, k, p) durch 2 Internodien, und verschmilzt am 3. Knoten mit dem Medianstrang der erstuntern Spur (rp mit l, u mit q). Der anodisch-seitliche Blattstrang (n, s, v) steigt eigenläufig durch 2 Internodien herab, und setzt sich am 2. Knoten an den kathodisch-seitlichen Blattstrang der nächstuntern Spur an (g, m, r). Der kathodische Rankenstrang (d, i, o) vereinigt sich sogleich mit dem Medianstrang des 2. obern Blattes (l, q, t), um sich mit demselben am nächstuntern Knoten an den kathodisch-seitlichen Blattstrang der eigenen Spur anzulegen (iq an g, ot an m). Der anodische Rankenstrang (e, k, p) verschmilzt sogleich mit dem kathodisch-lateralen Blattstrang

Digitized by Google

der nächstobern Spur (g, m, r), um sich gemeinsam mit demselben nach einem Verlaufe von 2 Internodien an den Medianstrang der eigenen Spur anzusetzen (pr an l).

Wenn der Verlauf der Spurstränge ganz regelmässig ist, wie er eben angegeben wurde, so zeigt der Querschnitt durch jedes Internodium deren 8 (Fig. 5). Zuweilen sind es nur 7, indem der anodisch-seitliche Blattstrang schon im nächstuntern Knoten (statt erst im zweiten) sich mit dem kathodisch-seitlichen Blattstrang der erstuntern Spur vereinigt. Zuweilen sind es auch 9, indem der kathodisch-laterale Blattstrang, statt im nächsten Knoten mit dem anodischen Rankenstrang zu verschmelzen, noch ein Internodium getrennt neben demselben hinabsteigt. Dicht unter dem Knoten sind die Spurstränge zahlreicher, weil die Vereinigungen daselbst noch nicht stattgefunden haben; man unterscheidet deren bis 11 und 12.

Die andere Anordnung der Stränge, welche der kleinern Divergenz in der Blattspirale entspricht, ist folgende. Der Medianstrang geht eigenläufig durch 3 Internodien und vereinigt sich im 3. Knoten mit dem anodisch-seitlichen der nächstuntern und dem kathodisch-seitlichen der 2. Blattspur. Der kathodisch-laterale Blattstrang steigt eigenläufig durch ein Internodium, darauf vereintläufig mit dem anodischen Rankenstrang der nächstuntern Spur durch 2 folgende Internodien, und vereinigt sich dann mit dem kathodischen Rankenstrang der 3. Spur. Der anodisch-laterale Blattstrang geht eigenläufig durch 2 Internodien, und setzt sich dann an den kathodisch-seitlichen Blattstrang der nächstuntern Spur an. Der kathodische Rankenstrang verläuft durch 3 Internodien, und vereinigt sich im 3. untern Knoten mit dem dortigen kathodischen Rankenstrang sowie mit dem kathodisch-lateralen Blattstrang der eigenen Spur. Der anodische Rankenstrang verschmilzt sogleich mit dem kathodisch-lateralen Blattstrang der nächstobern Spur, geht mit demselben durch 2 Internodien, um sich im 2. untern Knoten an den dortigen kathodischen Rankenstrang anzulegen.

Bei regelmässigem Verlauf der Spurstränge sieht man auf dem Querschnitt eines Internodiums deren 11. In jüngern Zuständen sind meist 12 vorhanden, indem der anodische Rankenstrang, statt sogleich mit dem kathodischen Blattstrang der nächstobern Spur zu verschmelzen, durch ein Internodium dicht neben demselben hinzieht. Im Grunde eines Internodiums sind die Stränge weniger zahlreich, indem daselbst die Vereinigungen schon begonnen haben; im obersten Theil des Internodiums dagegen übersteigen sie die gewöhnliche Zahl, indem hier noch nicht alle Vereinigungen zu Stande gekommen sind.

Die beiden geschilderten Anordnungen unterscheiden sich durch den verschiedenen Verlauf der einzelnen Spurstränge und die dadurch bedingte ungleiche Zahl derselben in einem Internodium. Sie sind das Resultat der ungleichen Divergenzen in der Blattspirale. — Mit dem Verlauf der Stränge hängt bis auf einen gewissen Grad auch die Ausbildung der Stengelrippen zusammen. Bei der letzten Anordnung mit 11 Strängen sind 6 starke Stengelkanten vorhanden; bei der ersten mit 8 Strängen ist eine dieser 6 Kanten mehr oder weniger verkümmert.

Digitized by Google

Mit beiden Anordnungen der Blattspuren ist ein schiefer Verlauf aller Stränge verbunden, und zwar in homodromer Richtung mit der Blattspirale. Daher rührt, dass die Divergenzen zwischen den Medianssträngen bedeutend geringer sind, als diejenigen zwischen den Blättern in der Terminalknospe. Bei der ersten Anordnung beträgt der Abstand der Blätter 150° bis 160°, derjenige der Medianstränge (bis dieselben durch 2½ Internodien gegangen sind) 147°; bei der zweiten Anordnung ist die Divergenz der Blätter 145° bis 155°, diejenige der Medianstränge (auf eine gleiche Länge des Verlaufes) 127°, — Beides nach zahlreichen Messungen.

Die Stränge verlaufen übrigens nicht bloss schief, sondern zugleich auch krummlinig. Die Folge davon ist, dass 2 Medianstränge in ungleichen Höhen verschiedene Abstände zeigen. Der Medianstrang einer Blattspur und derjenige der nächstobern Spur sind bei der ersten Anordnung durch eine mittlere Entfernung von 152°, im nächstuntern Internodium durch eine solche von 142° getrennt; bei der zweiten Anordnung beträgt der durchschnittliche Abstand in einem Internodium 142°, im nächstuntern 113°. — Wie die Medianstränge verhalten sich auch alle übrigen einer Spur. Jeder hat einen eigenthümlich-schiefen und zugleich einen krummlinigen Verlauf.

Die Stengelrippen haben ebenfalls einen schiefen Verlauf, welcher nicht mit demjenigen der ihnen entsprechenden Fibrovasalstränge identisch ist. Daher rührt es z. B., dass der Abstand der Medianstränge nur selten genau die gleiche Grösse hat, wie der Abstand der sie bedeckenden Rippen; der Letztere kann bis auf 8° kleiner und 10° grösser sein als der erstere.

Viola elatior Fries.

Laubsprosse. Von den 3 Strängen einer Blattspur geht der mediane in den Blattstiel, die beiden lateralen in die Nebenblätter. Die ganze Spur ist am Knoten durch Fibrovasalbögen verbunden, von denen schwächere Stränge in die Nebenblätter abgehen. Der Medianstrang verläuft durch 3 Internodien, und trifft am dritten Knoten ziemlich genau auf den anodischen Lateralstrang der dortigen Spur. Er biegt nach der Aufsteigseite aus, und kann noch durch 1 oder 2 Internodien verfolgt werden. An der Ausbiegungsstelle bildet sich nachher ein zweiter Schenkel, welcher auf der andern Seite jenes Stranges hinabsteigt. — Der kathodisch-seitliche Strang verschränkt sich am ersten Knoten mit dem anodisch-seitlichen desselben, trifft am 3. Knoten auf den Medianstrang des letztern, biegt zuerst nach der Aufsteigseite aus und umfasst ihn nachher durch Bildung eines zweiten Schenkels. — Der anodisch-seitliche Strang verschränkt sich am 2. untern Knoten mit dem anodischen Lateralstrang desselben, und kann dann noch durch 2 oder 3 Internodien verfolgt werden. — Aus dem axillären Blüthenstiel treten 2 Stränge in den Stengel ein, welche neben dem Medianstrang durch 3 Stengelglieder hinabsteigen.

Digitized by Google

Tropaeolum majus Lin.

An der Keimpflanze bilden die 2 opponirten Primordialblätter mit den beiden Samenlappen ein Kreuz. Die folgenden Blätter sind alternirend; das erste steht beinahe senkrecht über einem Samenlappen, das zweite ist von demselben um einen Bogen von nahezu 170° entfernt. Die folgenden Divergenzen werden kleiner. — Zuweilen ist nur ein einziges Primordialblatt vorhanden. Demselben gegenüber, aber höher inserirt, steht das erste Laubblatt. Das zweite Laubblatt greift etwas über die Verticale des Samenlappens hinaus.

Aus jedem Samenlappen treten 2 Fibrovasalstränge in das Stengelchen ein. Nach unten vereinigen sich die 4 Stränge paarweise in 2, die mit den Cotyledonen alterniren. Die beiden Primordialblätter haben 3 strängige, am Rande vereintläufige Blattspuren, indem der linke seitliche Strang des einen Blattes sich sogleich mit dem rechten seitlichen des andern vereinigt. Der Querschnitt durch das Internodium unter den Primordialblättern zeigt daher, so lange noch keine höhern Blattspuren in dasselbe eingetreten sind, 4 Stränge. Die Medianstränge treffen nach unten auf die Vereinigungsstelle je zweier Cotyledonarstränge und endigen daselbst. Die vereintläufigen Lateralstränge trennen sich am Cotyledonarknoten, bilden eine Schlinge und gehen dann wieder vereintläufig durch den Cauliculus.

Der Medianstrang des ersten Laubblattes trifft auf die Vereinigungsstelle zweier Lateralstränge der Primordialblätter, und setzt sich daselbst an. Die beiden seitlichen Stränge liegen im erstuntern Internodium rechts und links von dem eben genannten vereintläufigen Lateralstrang. Diese Verschränkung ist die einfache Folge davon, dass, während die Spur der Primordialblätter ½ weit ist, diejenige aller folgenden Laubblätter eine geringere Weite besitzt. — Die Spur des 2. Laubblattes geht durch 2 Internodien nach unten, ohne sich mit derjenigen des ersten weder zu verschränken noch zu vereinigen, was von der grossen Divergenz zwischen dem 1. und 2. Laubblatt (fast 170°) herrührt. Der Medianstrang tritt, wie der des ersten Laubblattes, in die Vereinigungsstelle zweier seitlicher Stränge der Primordialblätter hinein, um daselbst zu endigen, während die Lateralstränge durch das folgende Internodium weitergehn. Der Querschnitt des letztern zeigt in diesem Stadium 4 stärkere und 4 damit alternirende schwächere Stränge. Wenn die Lateralbündel des ersten und zweiten Laubblattes über dem Cotyledonarknoten angelangt sind, so gabeln sie sich; der eine Schenkel setzt sich an den Medianstrang eines Primordialblattes, der andere an die zugekehrte Seite der von ihren Lateralsträngen gebildeten Schlinge an.

Die Spuren aller folgenden Blätter verhalten sich so, dass der kathodische Lateralstrang sich mit dem anodischen des nächstuntern Blattes und der anodische mit dem kathodischen des 2. untern Blattes verschränkt. — Von der hier gegebenen Regel scheinen Ausnahmen vorzukommen, welche theils darin bestehn, dass die Spuren des ersten und zweiten Laubblattes an einem Rande vereintläufig

Digitized by Google

sind, theils darin, dass auch von den übrigen Blättern je 2 successive Spuren, statt verschränktläufig, vereintläufig sein können.

Ich habe bereits bemerkt, dass zuweilen nur Ein Primordialblatt vorhanden ist, und dass an der Stelle des 2. ein höher inserirtes Laubblatt steht. In diesem Fall verhält sich die Spur des letztern gleichwie die eines Primordialblattes, indem ihre Lateralstränge sich mit denen des einzigen Primordialblattes vereinigen.

Von den 3 Strängen einer Blattspur entsteht zuerst der mittlere, welcher sich bis zur Spitze des Blattes fortsetzt. An der Grenze zwischen Stiel und Spreite hat er einige verkürzte Gefässzellen, an welche sich die Stränge für die Hauptnerven ansetzen. Indessen sind die beiden seitlichen Stränge entstanden. Sie reichen zuerst bloss bis an den Grund des Blattstieles; darauf verlängern sie sich rasch nach oben und setzen sich an die Stelle des Mediamstranges an, von welcher die Nerven entspringen. Dann treten im Blattstiel 2 neue Stränge auf, welche sich oben am nämlichen Orte, unten an die beiden ersten Lateralstränge ansetzen. Es folgen in gleicher Weise noch 2 Paare von Strängen, so dass im Blattstiel zuletzt im Ganzen 9 Stränge vorhanden sind, eben so viele als das Blatt Nerven hat.

Die Primordialblätter haben 2 kleine Nebenblätter, jedes derselben mit einem schwachen Fibrovasalstrang, welcher sich an die Biegungsstelle des zugekehrten lateralen Blattstranges ansetzt.

Cucumis sativus Lin.

Auf die beiden Cotyledonen folgen an der Keimpflanze alternirende Blätter, von denen das 1. und 2. mit jenen fast ein Kreuz bilden, und die folgenden schraubenständig sind. Der Verlauf der Cotyledonarspuren wurde oben angegeben (Pag. 62). Jedes der folgenden Blätter erhält 3 Stränge. Die des 1. setzen sich an die seitlichen vereintläufigen Stränge der Samenlappen an. — Die Verschränkungen der Blattspuren geschehen in der Art, dass der kathodische Strang mit der nächstuntern, und der anodische mit der 2. untern Spur sich kreuzt.

6. Blätter schraubenständig. Blattspur 7strängig; alle Stränge mit denen der nächsten Spur sich verschränkend.

Saururus cernuus Lin. (VI, 1, 2).

Laubsprosse. Die Divergenz der Blattspirale beträgt in der Terminalknospe etwa 139°, was nahezu mit $^5/_{13}$ übereinstimmt. Die Blätter, deren Basis von dem ganzen Stengelumfange entspringt, erhalten 7 Fibrovasalstränge, welche an der Austrittstelle gewöhnlich so angeordnet sind, dass auf der dem Mediannerven diametral gegenüberliegenden Seite ein etwas grösserer Zwischenraum gelassen ist. Die Stärke der Stränge nimmt von der Mitte nach den beiden Seiten hin ab.

Digitized by Google

Untersuchen wir das Verhalten verschiedener auf einander folgender Blattspuren, so finden wir, dass diejenige eines untern Blattes nicht in seinem Knoten selbst zwischen die der höhern Blätter eintritt, sondern dass sie, schief nach unten und innen gehend, sich allmälig dem Fibrovasalkreise nähert, und erst am nächstuntern Knoten vollständig in denselben eingedrungen ist. Dabei verändern sich die Abstände zwischen den Strängen einer Spur; die äussern seitlichen (den beiden Rändern des Blattes entsprechend) nähern sich, während die mittlern stärkern Stränge aus einander weichen. Der schiefe Verlauf einer Blattspur im ersten Internodium, für sich allein betrachtet, besteht also darin, dass (der Medianstrang vertical gedacht) alle Elemente der linken Seite rechtswendig, die der rechten Seite linkswendig sind.

Die Verschränkung zweier auf einander folgender Spuren geschieht im Allgemeinen in der Weise, dass ihre Stränge mit einander alterniren, so dass jeder einzelne zwischen 2 Elemente der nächstobern und eben so der nächstuntern Spur zu liegen kommt (Fig. 1, 2; die Stränge der 3 successiven Spuren sind A, B, C, D, E, F, G, — a′, b′, c′, d′, e′, f′, g′, — a, b, c, d, e, f). Der Medianstrang (A, a′) befindet sich zwischen den beiden äussern Strängen der Absteigseite vom nächstobern Blatt (d′ und f′, d und f) und zwischen den beiden äussern der Aufsteigseite vom nächstuntern (a′ zwischen E und G). Die Stränge einer Spur haben, wie bereits bemerkt, im ersten Internodium einen schiefen Verlauf, welchem auch die Spuren der höhern Blätter sich anpassen. Da nun immer die anodische Hälfte einer Spur sich mit der kathodischen der nächsten verschränkt, so folgt daraus, dass jeder einzelne Strang eine Zickzacklinie beschreibt, indem er in den successiven Internodien alternirend rechts und links geneigt ist. Abgesehen von diesem zickzackförmigen Verlauf ist die Richtung eines ganzen Stranges etwas schief, und zwar mit der Blattspirale antidrom. — Von der regelmässigen Verschränkung der Blattspuren giebt es verschiedene Abweichungen. Dahin gehört die zwar seltene Erscheinung, dass 2 Stränge einer Spur in den Zwischenraum einer andern eintreten. Häufiger kommt es vor, dass die stärkern Spurstränge sich spalten, und ihre beiden Schenkel in verschiedene Zwischenräume der nächstuntern Spur zu liegen kommen.

Der Ansatz der Stränge ist unregelmässig; sie gehen durch 1, 2, 3, 4 oder 5 Internodien, und setzen sich rechts oder links oder mit 2 Schenkeln beiderseits an. Ausserdem bilden sich auch noch schiefe Verbindungsstränge, so dass die Blattspuren späterhin ein Netz von langgezogenen Maschen darstellen.

Ich habe oben gesagt, dass die Blattspur erst ein Internodium tiefer in den Fibrovasalkreis eintritt. In ihrem Knoten ist sie aber mit demselben durch zahlreiche Anastomosen verbunden, welche einen horizontal liegenden netzartigen Ring bilden (Fig. 1).

Digitized by Google

7. Blätter schraubenständig. Blattspur 8strängig, am Rande vereintläufig.

Liriodendrum tulipiferum Lin. (VI, 3).

Die Divergenz der Blätter in der Terminalknospe ist ziemlich bedeutend, und scheint $^2/_5$ des Umfanges zu übersteigen. Aus dem Blatte treten 9 Fibrovasalstränge in den Stengel ein, von denen die 2 äussersten seitlichen sogleich im Knoten sich vereinigen und fortan einen einzigen Strang darstellen, so dass die Blattspur 8strängig ist (Fig. 3, A, B, C, D, E, F, G, H), und dass in derselben dem unpaaren Medianstrang (A) ein unpaarer vereintläufiger Marginalstrang (H) gegenübersteht. Doch ist die Opposition nicht ganz genau; der Marginalstrang liegt etwas seitlich in der Art, dass immer die anodische Hälfte der Blattspur merklich kleiner ist als die kathodische. Ferner sind die Zwischenräume in einer Blattspur ungleich gross; der grösste befindet sich zwischen dem Marginalstrang (H) und dem äussersten kathodisch-lateralen (F), der zweitgrösste zwischen dem Marginalstrang (H) und dem äussersten anodisch-lateralen (G). Die Weite der Zwischenräume nimmt nach dem Medianstrang hin ab; der kleinste (ungefähr $^2/_5$ des grössten) liegt zwischen dem medianen (A) und dem ersten kathodisch-lateralen Strang (B).

Nachdem die 8 Stränge durch ihr Internodium herabgegangen sind, so treten sie zwischen diejenigen der nächstuntern Spur und zwar gewöhnlich in folgender Weise ein. Der Medianstrang nebst den beiden erstseitlichen der obern Blattspur befindet sich zwischen dem marginalen und dem drittseitlichen anodischen Strang der untern Spur (a, b, c zwischen H und G). Die zweit- und drittseitlichen Stränge der Aufsteighälfte (g, e) liegen zwischen dem marginalen (H) und dem drittseitlichen kathodischen (F), die zweit- und drittlateralen der Absteigseite zwischen dem zweit- und drittlateralen anodischen der untern Spur, oder es liegt auch nur der zweitlaterale (d) in diesem Zwischenraum (G — E) und der drittlaterale (f) befindet sich im nächsten (zwischen dem erst- und zweitlateralen anodischen Strang (C — E). Endlich befindet sich der Marginalstrang der obern Spur (h) zwischen dem erst- und zweitseitlichen kathodischen der untern (B — D). Demnach gehen 3 oder 4 Zwischenräume der untern Spur leer aus.

Die Stränge einer Blattspur treten bogenförmig in den Blattstiel ein, und geben beim Ausbiegen Stränge an die Nebenblätter ab. Durch Verzweigung, zum Theil auch durch Vereinigung, stellen sie einen Kreis von meist 12 Strängen dar.

Digitized by Google

8. Blätter alternirend-zweizeilig. Blattspur 3strängig, nur mit den Spuren der gleichen Zeile verschränktläufig.

Hertia crassifolia Less. (VI, 5—7).

Laubtriebe. Die Pflanze wird im Freiburger Garten als Othonna crassifolia cultivirt. — Die 3 Stränge der obersten und zweitobersten Blattspur, von denen der mittlere zuerst entsteht, sind nebenläufig; nur die senkrecht über einander liegenden Spuren verschränken sich. Ihre Stränge gehen senkrecht durch 2 Internodien, treffen im 2. Knoten auf ein entsprechendes Element der untern Spur, biegen aus und laufen neben demselben weiter hinab (Fig. 5). Die Mediannstränge weichen in der Regel alternirend nach der einen und nach der andern Seite aus, z. B. derjenige der ersten Spur rechts, derjenige der dritten links, der fünften wieder rechts u. s. w. (g, n und t, k und q). Die seitlichen Stränge dagegen biegen immer convergirend (also dem Medianstrang zugekehrt) aus (uv, rs, op, lm, hi). Nicht selten setzt sich an die Biegungsstelle eines Stranges ein zweiter Schenkel an, der sich meistens durch seine geringere Mächtigkeit fortwährend als spätere Bildung kund giebt (g, k, n, o, p, q). Der obere Strang umfasst nun den untern gabelig. — Die Stränge laufen durch 4, 5 oder 6 Internodien hinab und vereinigen sich dann mit daneben liegenden Strängen.

9. Blätter alternirend-zweizeilig; Zeilen auch in der Terminalknospe genau opponirt. Blattspur 3strängig, mit den Spuren beider Zeilen verschränktläufig.

Aristolochia Clematitis Lin. (VIII, 6—8).

Laubsprosse. Aus dem Blatt treten 3 Stränge in den Stengel ein. Der Medianstrang (Fig. 8, a, f, l, q, v) theilt sich sogleich in zwei, welche durch das ganze Internodium neben einander hinziehen, um im nächsten Knoten wieder zu verschmelzen und vereintläufig durch das folgende Internodium zu gehen. Die beiden seitlichen (Fig. 8, bc, gh, mn, rs, xy) verlaufen ungetheilt durch 2 Stengelglieder. Die Blattspur ist daher im eigenen Internodium 1strängig, im erstuntern 3strängig; dort umfasst sie einen Bogen von 205°, hier von 215°. An der Ausbiegungsstelle in die Blattbasis sind die seitlichen Stränge mit den beiden Schenkeln des medianen durch eine Anastomose verbunden. — Rechts und links neben den beiden mittlern Strängen der Blattspur liegt ein Strang, welcher an dem nämlichen Knoten austritt und, in mehrere Zweige sich spaltend, die axillären Blüthen versorgt (Fig. 8, de, ik, op, tu). Ich will ihn Axillarstrang nennen. — Die ganze Spur der seitlichen Gebilde eines Knotens besteht dessnahen im eigenen Internodium aus 6, im erstuntern aus 5 Strängen (abcde, fghik, lmnop, qrstu).

Digitized by Google

Der Verlauf der einzelnen Stränge ist nun folgender. Die beiden mittlern einer Blattspur (a, f, l, q, v) vereinigen sich, wie bereits bemerkt, am nächsten Knoten von neuem zum Medianstrang, welcher, über den 4 Blattspursträngen des zweiten Knotens anlangend, neben denselben ausbiegt, und, bis dahin eigenläufig, sich mit dem seitlichen der nächstuntern (ersten) Blattspur vereinigt (l mit h, q mit n, v mit r). Das Ausbiegen der Medianstränge einer Blattzeile findet gewöhnlich alternirend nach beiden Seiten statt, so dass z. B. diejenigen der 1., 5., 9. Spur rechts, diejenigen der 3., 7., 11. Spur links abweichen. An der Ausbiegungsstelle bildet sich später ein zweiter Schenkel, welcher sich an den andern lateralen Blattstrang ansetzt.

Die seitlichen Stränge der Blattspur (bc, gh, mn, rs, xy) gehen durch ihr Internodium eigenläufig, dann verschränken sie sich mit den gleichnamigen des nächstuntern Knotens, ziehen durch das folgende Internodium mit dem Medianstrang des nächstobern Blattes vereintläufig, und setzen sich im 2. Knoten je an einen Axillarstrang der nächstuntern Spur an. Die beiden Axillarstränge (de, ik, op, tu) sind im eigenen Internodium eigenläufig, im folgenden mit den lateralen Blattsträngen der nächstobern Spur vereintläufig, und setzen sich im 2. Knoten an die lateralen Blattstränge der nächstuntern Spur an.

Diese Verhältnisse sind sehr regelmässig, und es zeigt uns daher der Querschnitt durch ein Internodium constant 11 Stränge (Fig. 7), 2 neben einander liegende für den Mittelnerv des eigenen Blattes (a), rechts und links davon einen Axillarstrang für den eigenen Knoten (d, e), rechts und links davon einen lateralen Blattstrang für den erstobern Knoten (g, h), beiderseits davon einen lateralen Strang für das eigene Blatt (b, c), dann jederseits einen Axillarstrang für den erstobern Knoten (m, n), und endlich, den beiden erstgenannten gepaarten Strängen gegenüber, den Medianstrang für das zweitobere Blatt (f).

Aristolochia Gigas Lindl. (VIII, 3—5).

Laubtriebe. Wie in dem vorhergehenden Beispiel ist auch bei dieser Pflanze die Blattspur im eigenen Internodium 4strängig, im nächstuntern 3 strängig (Fig. 3), und der Medianstrang (a, f, l, o, r, u, y) setzt sich nach eigenläufigem Gange durch 2 Internodien im 2. Knoten an den lateralen Strang der nächstuntern Spur (l an g, o an m, r an p) an. Ein zweiter Schenkel, der sich später an seinem untern Ende bildet, und sich in gleicher Weise aber auf der gegenüber liegenden Seite ansetzt, lässt ihn nicht selten gabelig erscheinen. Die seitlichen Stränge (bc, gh, mn, pq, st, vx) gehen eigenläufig durch ihr Internodium, verschränken sich am ersten Knoten mit dessen lateralen Blattsträngen, gehen vereintläufig mit den Schenkeln des Medianstranges der nächstobern Spur noch durch 3 Internodien, indem sie an jedem Knoten sich mit den lateralen Blattsträngen desselben kreuzen, und setzen sich endlich am 4. Knoten an den lateralen Blattstrang der zweituntern Spur an. Wenn die Blätter Axillargebilde entwickeln, so empfangen dieselben 2 Stränge (de, ik), welche seitlich neben den mittlern Blattsträngen des

Digitized by Google

gleichen Knotens liegen, und nach kurzem Verlaufe sich an die seitlichen Blattstränge der nächstobern Spur anlegen (d an h, e an g, i an n, k an m).

Der Querschnitt durch ein Internodium unter seiner Mitte zeigt 11 Stränge (Fig. 5): 2 für den Mittelnerven des eigenen Blattes (f), rechts und links davon einen Lateralstrang für das erstobere Blatt (m, n), rechts und links hievon einen Lateralstrang für das 3. obere Blatt (s, t), beiderseits davon einen seitlichen für das 2. obere Blatt (p, q), dann jederseits einen seitlichen Blattstrang für den eigenen Knoten (g, h), und endlich zwischen den letztern den Medianstrang für das erstobere Blatt (l). In der obern Hälfte des Internodiums können noch die beiden Axillarstränge hinzukommen, wodurch die Zahl auf 13 steigt.

Die Verschiedenheiten, welche Aristolochia Gigas von A. Clematitis zeigt, stehen mit dem Umstande in Verbindung, dass ihre Blattspurweite noch viel beträchtlicher ist.

Aristolochia Sipho Lin.

Der Verlauf der seitlichen Blattspurstränge ist der nämliche wie bei der vorhergehenden Art. Abweichend verhalten sich die Medianstränge. Dieselben gehen anfänglich einfach und ungetheilt durch 2 Internodien, und setzen sich am 2. Knoten erst mit einem, dann mit zwei Schenkeln an. Später findet man an der Stelle des Medianstranges eine Gruppe von 3 bis 5 Strängen. Ueberdiess bilden sich zuweilen schiefe Verbindungen zwischen den Spursträngen. — Die Spurweite eines Blattes beträgt im eigenen Internodium bis über 300°, im nächstuntern etwa 290° bis 295°.

10. Blätter alternirend-zweizeilig; Zeilen in der Terminalknospe einseitig-genähert. Blattspur 3strängig, mit den Spuren beider Zeilen verschränktläufig.

Die beiden Blattzeilen der Laubsprosse sind im frühsten Zustande seitlichgeworfen; sie nähern sich mit der Ausbildung des Stengels immer mehr der diametral-gegenüberstehenden Lage. Entweder war die Divergenz ursprünglich 180°, und wurde durch ungleichseitige Entwickelung des Stengels bis zu dem der Beobachtung zugänglichen Stadium so weit geändert, dass sie einerseits 140 — 160°, anderseits 220 — 200° beträgt, worauf dann die Ungleichheit wieder nach und nach ausgeglichen wird. Oder, was wahrscheinlicher sein möchte, es wendet die Blattspirale nach jedem Schritte um, wie das bei den Marsileaceen und bei Platanus der Fall ist. — Die Folge dieser Blattstellung ist, dass die medianen Spurstränge der beiden Blattzeilen alle symmetrisch-convergirend ausbiegen, während beim vorhergehenden Typus das Ausbiegen der nämlichen Zeile alternirend nach rechts und links statt findet.

Digitized by Google

Medicago sativa Lin.

Laubtriebe. In der Terminalknospe neigen die beiden Blattzeilen nach einer Seite hin etwas zusammen. An der entwickelten Pflanze dagegen scheinen sie, abgesehen von etwaigen Drehungen des Stengels, genau opponirt zu sein. Die Ungleichseitigkeit giebt sich hier nur noch in der Stellung der Axillarzweige kund. Die Stengel sind symmetrisch-vierkantig, indem die stärkste und die schwächste Kante einander gegenüber stehen; jene steigt vom Rückennerv des nächsten Blattes, diese von demjenigen des zweitnächsten herunter. Von jedem Blatte gehen nämlich 3 Kanten aus, eine Rückenkante, welche durch 2 Internodien verläuft, dabei allmälig schwächer wird, und vor der Medianlinie des zweituntern Blattes endigt, und 2 Seitenkanten, welche am erstuntern Knoten auf die Seitenkanten, die von dem dortigen Blatt ausgehen, treffen.

Der Laubzweig im Winkel eines Blattes steht nicht vor der Mitte desselben, sondern seitlich davon, ebenso seitlich von der Stengelkante. In Folge dieser Thatsache ist das rautenförmige Viereck des Stengeldurchschnittes zunächst am Knoten unsymmetrisch; diejenige der 4 Seiten, welche dem Laubzweig entspricht, zeigt sich stärker entwickelt, als die auf der andern Seite des Blattes liegende, und die sonst senkrecht verlaufende Rückenkante weicht hier etwas nach der schwächern Seite hin aus. An dem Stengel stehen die Axillarzweige symmetrisch nach der nämlichen Richtung. Wenn man ihn daher vermittelst einer senkrechten Ebene halbirt, welche durch die Rückenkanten und die Blätter geht, so erhält man zwei ungleiche Hälften. Die eine trägt alle Axillarzweige, und kann Traghälfte oder Tragseite genannt werden; die andere ist zweiglos.

Das erste Blatt des Axillarzweiges ist dem Mittelnerven des Tragblattes abgekehrt, und liegt neben der Seitenkante der Traghälfte des Stengels. Die beiden Blattzeilen des Astes befinden sich daher rechts und links; seine Tragseite ist dem Stengel zugekehrt. — Im Winkel des Tragblattes steht ausser dem seitlich gerückten Zweig noch eine zweite Knospe, die sich langsam entwickelt. Dieselbe liegt mit Rücksicht auf das Blatt und die Stengelkante ziemlich median, und dem ersten Zweige des Axillarzweiges diametral gegenüber. An dieser accessorischen Knospe ist das erste Blatt dem ersten des Axillarzweiges abgekehrt.

Jedes Blatt erhält 3 Fibrovasalstränge, von denen der mittlere etwas stärker ist. Derselbe steigt innerhalb der Rückenkante durch 2 Internodien hinab, biegt am zweiten Knoten neben dem Mediannerven desselben nach der zweiglosen Stengelhälfte aus, geht dann wieder durch 2 Internodien, um am 4. Knoten nach der gleichen Richtung auszuweichen. Man findet daher bei regelmässigem Verlauf in einiger Entfernung von dem Scheitel innerhalb einer Rückenkante eine Reihe von 3 oder 4 Mediansträngen, von denen der der Kante genau entsprechende am stärksten ist, und vom nächsten senkrecht-obern Blatt kommt, während der von der Kante am weitesten abliegende sich als der schwächste kund giebt und dem 3. oder 4. obern Blatt der gleichen Zeile angehört.

Digitized by Google

Die regelmässige Anordnung wird bald durch 2 Erscheinungen gestört, durch die Stränge der Axillarzweige und durch die Gabelungen der Medianstränge selber. Zuerst sind es 2 Stränge, welche in einen Axillarzweig eintreten, und in dessen erstes und zweites Blatt gehen. Der frühere und etwas stärkere ist der Tragseite des Stengels, der andere der zweiglosen Hälfte zugekehrt. Nachher sind es zwei Gruppen von Strängen, die, vom Zweig in den Stengel übergehend, sich gewöhnlich im Knoten des letztern an andere Stränge ansetzen, und nur 1 oder 2 Stränge innerhalb der Stengelkante nach unten verlaufen lassen. Namentlich befindet sich in der Regel einer derselben auf der zweiglosen Seite der Kante. — An die Stelle, wo die herabsteigenden Medianstränge im zweituntern Knoten ausbiegen, setzt sich später häufig ein zweiter Schenkel an, welcher sich nach der Tragseite wendet, und entweder sich an einen Axillarstrang anlegt oder neben der Kante hinabgeht. So umfasst nun der obere Medianstrang den untern gabelig. Innerhalb der Rückenkante findet man späterhin eine Reihe von Strängen, von denen der mittlere dem in senkrechter Richtung nächsten Blatt angehört und der stärkste ist; die Stärke der Stränge nimmt im Allgemeinen um so mehr ab, je mehr man sich rechts und links von der Kante entfernt, indem die äussersten der einen Seite den obersten Blättern, die der andern Seite den obersten Axillarzweigen angehören.

Die seitlichen Stränge einer Blattspur gehen durch ihr Internodium innerhalb der Seitenkanten nach unten. Jeder trifft am nächstuntern Knoten auf den Lateralstrang des letztern, verschränkt sich mit demselben und geht nun durch 2 Internodien neben der Kante hinab, um am dritten Knoten noch mehr von derselben sich zu entfernen. Bei regelmässigem Verlaufe findet man in einiger Entfernung vom Scheitel unter einer Seitenkante eine Reihe von Strängen, von denen der mittlere der stärkste ist und dem nächsten Blatte angehört. Beiderseits nehmen die Stränge von der Kante weg an Stärke ab; auf der einen Seite liegen die Lateralstränge der geradbezifferten, auf der andern die der ungeraden Blätter. — Nachher bildet sich auch an den Biegungsstellen der Lateralstränge sehr häufig ein zweiter Schenkel, welcher sich meist auf die andere Seite wendet und gewöhnlich mit dem Lateralstrang der nächstuntern Spur verschmilzt, zuweilen auch getrenntläufig nach unten geht. Selten kommt es vor, dass einmal ein seitlicher Strang sich mit dem nächstfolgenden nicht verschränkt.

Die Stränge setzen sich gewöhnlich in den Knoten an tiefere an. Die Medianstränge gehen meist durch 6 Internodien, um sich im 6. Knoten anzulegen. Die lateralen verlaufen durch 2 — 6 Stengelglieder, die Axillarstränge durch 2 oder 4, ehe sie sich mit unteren vereinigen.

Von den Fibrovasalsträngen, die an einem Knoten den Stengel verlassen, entsteht zuerst der Medianstrang, dann der Lateralstrang der zweiglosen Stengelseite, dann der Lateralstrang der Tragseite und der Axillarstrang der zweiglosen Seite, endlich der Axillarstrang der Tragseite.

Die Blattspur hat im eigenen und erstuntern Internodium eine mittlere Weite von 197°, im zweituntern von 225°. — Der Medianstrang des nächsten

Digitized by Google

Blattes bildet mit demjenigen des zweitnächsten einen stumpfen Winkel von 170°.

Láthyrus Nissolia Lin. (VIII, 1, 2).

Laubsprosse. Die Blattstellung und der Verlauf der Stengelkanten verhält sich wie bei Medicago sativa. Die Blattzeilen mögen in der Terminalknospe etwa 140 — 150° von einander abstehen (Fig. 1). Mit ihrer weitern Entwicklung nähern sie sich immer mehr der opponirten Stellung. Die Blüthenstiele (Fig. 1, p^1, p^2, p^3; Fig. 2, stu), die in den Achseln der obern Blätter stehen, sind auf die entgegengesetzte Seite geworfen, und scheinen in der Terminalknospe unter einander etwa den nämlichen Abstand zu zeigen, wie die Blätter. Am Grunde des axillären Blüthenstiels steht ein accessorischer Laubzweig, ziemlich genau vor der Blattmediane (Fig. 1, r; Fig. 2, xyz). — Im Winkel der untern Stengelblätter befindet sich je ein beblätterter Zweig, welcher ziemlich auf die Mitte des Blattes trifft. Der Stengel ist hier fast stielrund.

Von den 3 Fibrovasalsträngen, welche in ein Blatt eintreten, geht der mittlere eigenläufig durch 2 Internodien und biegt am zweituntern Knoten, wo er auf den dortigen Medianstrang trifft, nach der zweiglosen Stengelseite aus, um sich sogleich an den Lateralstrang der nächstuntern Blattspur anzusetzen. Sehr bald bildet sich ein zweiter Schenkel, welcher die Ausbiegungsstelle des Medianstranges mit dem andern Lateralstrang der nächstuntern Spur verbindet. — Die beiden seitlichen Stränge gehen eigenläufig durch ihr Stengelglied, verschränken sich am nächsten Knoten mit den Lateralsträngen der dortigen Spur, und sind von da an mit einem Schenkel des Medianstranges von der nächstobern Blattspur vereintläufig, bis sie sich am drittuntern Knoten an den Lateralstrang der zweituntern Spur ansetzen.

An dem Knoten treten ausser den 3 Blattsträngen noch 2 Stränge aus, welche in den Blüthenstiel gehen, und die sich mit ihrem untern Ende im nämlichen Knoten an die seitlichen Stränge des nächstobern Blattes anlegen. Der Strang, welcher auf der Tragseite liegt, spaltet sich schon im Knoten in 2 Aeste. Der eine davon geht in das untere Kelchblatt (Fig. 1 und 2, s); der andere Ast (t), sowie der aus der zweiglosen Stengelseite kommende Strang (u), theilt sich im Blüthenstiel je in 2 Aeste, welche in ein mittleres und in ein oberes Kelchblatt gehn, und von denen zuerst derjenige für das mittlere gebildet wird. Der Querschnitt durch den obern Theil des Blüthenstieles zeigt daher 5 Stränge, derjenige durch die Basis 3.

Das oberste gefässführende Stengelglied enthält 1 oder 3 Stränge, das zweite gewöhnlich 4 oder 6, und die folgenden je 8. Von diesen 8 Strängen geht der innerhalb der stärksten Stengelkante liegende in den Mittelnerv des eigenen Blattes aus. Rechts und links davon liegt fast in der Mitte der Seite je ein Lateralstrang der erstobern Blattspur. Dann folgen in den Seitenkanten die Lateralstränge der eigenen Spur, darauf die vereintläufigen Medianstränge der drittobern

Digitized by Google

und die Lateralstränge der zweitobern Spur, endlich zwischen denselben und innerhalb der schwächsten Stengelkante der Medianstrang des erstobern Blattes. — Die Weite der Blattspur beträgt in den 2 ersten Internodien ungefähr 225°. Die Mediansträngе bilden zusammen einen Winkel von 170°.

Ich habe bis jetzt einen regelmässigen Verlauf geschildert, wie er nicht selten, namentlich unterhalb der Terminalknospe, gefunden wird. Von dieser Regel giebt es verschiedene Abweichungen, welche darin bestehen, dass einzelne Stränge weiter, als es angegeben wurde, getrennt neben einander verlaufen. Das ist vorzüglich in der Mitte der Stengelseiten der Fall, wo dann statt Eines Stranges eine Gruppe von mehrern auftritt. Auch kommen Spaltungen, sowie im Knoten Anastomosen und Verschmelzungen vor. — Im vollkommen entwickelten Zustande zeigt der Stengel einen geschlossenen Fibrovasalring, in welchem man die Spurstränge nur undeutlich erkennt.

Von den 3 Strängen einer Blattspur bildet der mediane den Mittelnerv des Blattes; die beiden lateralen gehen in die Seiten desselben. Es ist anfänglich 3nervig (Fig. 1, opq). Zwischen dem Grunde des Mittel- und der Seitennerven bildet sich eine Anastomose, wodurch ein Fibrovasalbogen in der Breite der Blattspur hergestellt wird. Die übrigen Blattnerven, sowie auch der Nerv für jedes Nebenblatt, setzen sich an diesen Bogen, namentlich an den äussern Theil desselben an.

Ich bemerke noch, dass die Blüthenstiele rücksichtlich der Stellung ihrer Theile grosse Analogie mit den Axillarzweigen von Medicago sativa haben. Das erste (untere) Kelchblatt steht seitlich und zwar der Tragseite zugekehrt, wie das erste Laubblatt. Wie es sich zuerst entwickelt, so erhält es auch zuerst einen Fibrovasalstrang. Dann folgen die beiden mittlern Kelchblätter; die 3 Stränge zeigen nun im Blüthenstiele die nämliche Stellung, wie die 3, welche im Laubzweig in das unterste Blatt ausgehen. Zuletzt entwickeln sich die beiden obern Kelchblätter, und ebenso werden ihre Stränge zuletzt angelegt.

Lathyrus Aphaca Lin. und L. Pseudaphaca Boiss. (VI, 4; VII, 1 — 4).

Laubtriebe. Die Stengel sind 4kantig, die Kanten zuweilen schwach flügelartig vorgezogen. Der Querschnitt (VII, 1, 2, 4) zeigt innerhalb der beiden gegenüberstehenden Seitenkanten je einen Strang, und im Innern einen Kreis von 8 und mehr Strängen, die später durch Vereinigung an Zahl abnehmen. Der Medianstrang der Blattspur theilt sich beim Austritt in das Blatt in 3 Aeste; der mittlere schwächere geht in den Blattstiel; die beiden seitlichen Aeste bilden mit den beiden Lateralsträngen Fibrovasalbögen, aus denen die Nerven für die Nebenblätter abgehen.

Der Medianstrang (VI, 4, g, k, n, q; VII, 3, l, o, r, u) geht, wie bei L. Nissolia, durch 2 Stengelinternodien eigenläufig nach unten, biegt dann erst in einen Schenkel aus (VI, 4, q; VII, 3, u), und wird ebenfalls bald gabelig. Die beiden Schenkel setzen sich an die Lateralstränge der nächstuntern Blattspur an.

Digitized by Google

— Die beiden seitlichen Stränge (VII, 3, gh, mn, pq, st; VI, 4, hi, ml, op) verlaufen zuerst durch ihr Internodium innerhalb der Stengelkanten, treten am nächsten Knoten in den Kreis der übrigen Spurstränge ein, wobei sie sich mit dem Lateralstrang der nächstuntern Spur verschränken, gehen dann, mit einem Schenkel des Medianstrangs der nächstobern Spur vereintläufig, durch 2 Internodien, und setzen sich endlich im 3. untern Knoten an den Lateralstrang der 2. untern Spur an. — Dieser Verlauf giebt, ausser den 2 Strängen innerhalb der Kanten, 6, die einen Kreis bilden (VII, 1), und die durch Vereinigung je der beiden seitlichen sich auf 4 reduciren können.

Wenn in der Blattachsel sich ein Blüthenstiel befindet, so erhält derselbe aus dem Stengel 2 Stränge (VII, 3, de, ik), welche meistens eigenläufig durch ein Internodium gehen, und sich am nächsten Knoten an die Lateralstränge der nächstobern Spur ansetzen. Bei diesem Verlauf zeigt der Stengeldurchschnitt 8 in einen Kreis gestellte Stränge (VII, 2).

Diess ist der Typus, nach welchem weitaus die meisten Blattspurstränge bei beiden Arten angeordnet sind. Einzelne Ausnahmen entstehen dadurch, dass die Vereinigungen schon früher oder erst später stattfinden, sowie, dass zuweilen ein Lateralstrang mit dem nächstuntern sich nicht verschränkt, sondern nach der gleichen Seite ausbiegt, wie der nächstobere.

Die Weite der Blattspur beträgt in den beiden ersten Internodien 190° bis 210°. Der Winkel zwischen den beiden Medianssträngen steigt etwas über 170°.

Lathyrus odoratus Lin. (VII, 5 — 7).

Die Anordnung und der Verlauf der Spurstränge verhält sich im Wesentlichen wie bei L. Aphaca und Pseudaphaca. An den Keimpflanzen beginnt das Blattspurnetz in folgender Weise. Die beiden Cotyledonen sind einander etwas genähert. Jeder hat eine 2 strängige ziemlich enge Spur. Die beiden alternirenden Primordialblätter sind 3 spaltige Niederblätter. Das erste steht in dem grössern Zwischenraum zwischen den Cotyledonen, das zweite in dem kleinern. Die folgenden Blätter sind laubblattartig und schliessen sich zweizeilig an die Primordialblätter an.

Der Medianstrang des ersten Primordialblattes steigt durch sein Internodium und das Stengelchen hinab. Die beiden Lateralstränge gehen eigenläufig bis zum Cotyledonarknoten, wo sie sich an die zugekehrten Stränge desselben ansetzen. Der Medianstrang des zweiten Primordialblattes verläuft durch 2 Internodien und das Stengelchen. Seine Lateralstränge gehen eigenläufig durch ihr Stengelglied, verschränken sich am nächsten Knoten mit den seitlichen Strängen desselben und steigen durch das folgende Internodium in das Stengelchen hinab, wo sie zwischen dem Medianstrang des ersten Primordialblattes und den Cotyledonarsträngen liegen. — Der Medianstrang des 3. Blattes (1. Laubblattes) spaltet sich am 2. untern Knoten in zwei Schenkel, die sich an die Lateralstränge der nächstuntern Spur anlegen. Die Lateralstränge verschränken sich am nächst-

Digitized by Google

untern Knoten wie gewöhnlich, und setzen sich im 3. Knoten an die dem schmalen Zwischenraum zugekehrten Cotyledonarstränge an. — Die 8 Stränge im Cauliculus verschmelzen bald in einen Ring, welcher nur beiderseits unter den Cotyledonen geöffnet ist.

Alle folgenden Blattspuren verhalten sich in analoger Weise (Fig. 5, 7). Der Medianstrang (Fig. 5, g, k, n; Fig. 7, d, g, k, n, q) spaltet sich am zweituntern Knoten in 2 Schenkel, welche sogleich oder erst 1 Glied tiefer sich an die Lateralstränge des erstuntern Blattes anlegen. Die seitlichen Stränge (Fig. 5, hi, lm, op; Fig. 7, ef, hi, lm, op) verschränken sich am erstuntern Knoten mit den dortigen seitlichen, und vereinigen sich dann am dritten Knoten mit den Schenkeln des Medianstranges. Der Querschnitt zeigt bald 10 Stränge (Fig. 6), bald auch nur 8, jenachdem die Verschmelzung der Schenkel des medianen mit den lateralen höher oder tiefer erfolgt, und in ältern Stadien nur 6 (wie in Lathyrus Aphaca, VII, 4).

Lathyrus purpureus Desf.

Laubtriebe. Der Verlauf des Blattspurnetzes stimmt auch hier im Allgemeinen mit den vorhergehenden Arten überein. Nur verhalten sich die lateralen Stränge etwas abweichend, was mit dem Umstande zusammenhängt, dass die seitlichen Stengelkanten mehr flügelartig geworden sind. Anfänglich zwar erscheinen die Lateralstränge ganz normal, indem sie durch ihr Stengelglied innerhalb der Kante desselben hinabsteigen, und, mit den seitlichen Strängen der nächstuntern Spur sich verschränkend, in den innern Kreis eintreten; später aber bildet sich an der Verschränkungsstelle eine Anastomose, so dass der obere Strang hier sich gabelig zu theilen scheint. Ausserdem entstehen noch andere accessorische Stränge in den flügelartigen Anhängen des Stengels, namentlich ziemlich constant ein solcher, welcher innerhalb des kantenständigen Lateralstrangs und parallel mit demselben durch die ganze Länge des Internodiums verläuft.

11. Blätter alternirend-zweizeilig. Blattspur meist 5strängig; die Lateralstränge zweier successiver Blätter nicht vollständig-verschränkt.

Vitis vinifera Lin. (X, 1).

Die Blätter sind an den Schossen alternirend-zweizeilig; immer je 2 auf einanderfolgende haben eine Ranke gegenüber, während das dritte leer ausgeht. Bekanntlich betrachtet man diese rankentragenden Schosse als Sympodien, deren succcssive Sprosse je in eine Ranke endigen. Diese Deutung, so sehr sie mit andern Thatsachen übereinstimmt, scheint wegen des Verhaltens der Terminalknospe etwas zweifelhaft. Untersucht man die letztere auf senkrechten Schnitten,

Digitized by Google

welche mit der Blattebene parallel laufen, so folgen an der senkrechten und fast geraden Stammspitze die Blätter von unten nach oben in ununterbrochener Reihe auf einander. Während bei andern Sympodien die Blüthe zuerst endständig ist, und nachher seitlich geschoben wird, sieht man bei der Weinrebe keine Spur von einem solchen Prozesse. Die Ranke tritt immer als seitliches Organ auf. Sie ist in den frühsten Stadien kürzer als die Stammspitze, während sie nachher in Folge ihrer raschen Entwicklung dieselbe beinahe oder wirklich überragt. Die Entwicklungsgeschichte scheint daher die Vermuthung an die Hand zu geben, entweder dass die Ranke seitlich an der Stammspitze ohne Tragblatt entstehe, oder eher dass eine wirkliche Dichotomie des Scheitels statt habe. Im letztern Falle würde Vitis in der Verzweigung mit Lycopodium übereinstimmen. Auch die Erscheinungen an den wachsenden und sich theilenden Enden der Ranken selber sind dieser Anschauungsweise nicht ungünstig. — Das Verhalten der Blätter harmonirt ebenfalls nicht wohl mit der Theorie, dass die Schosse Sympodien seien. Alle nämlich, es mögen denselben Ranken gegenüber stehen oder nicht, haben Axillarknospen mit durchaus gleicher Entwicklungsfähigkeit. Ihre gegenüberstehenden Blattzeilen befinden sich rechts und links, indess am Sympodium der spätere Spross die Blattstellung des frühern fortsetzen würde. Das erste Blatt aller Axillarzweige am gleichen Ast fällt constant auf die nämliche Seite.

In jedes Blatt gehen 5 Fibrovasalstränge, welche unsymmetrisch angeordnet sind (Fig. 1, abcde, hiklm, opqrs, uvwxy, $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon$, $\zeta\eta\vartheta\iota\varkappa$). Der erste laterale Strang der einen, z. B. der linken Seite (d) macht einen kleinen Bogen und ist auch beim Austritt in das Blatt dem Medianstrang (a) mehr genähert, als der erste laterale rechts (b); ebenso macht der zweite laterale Strang links (e) einen kleinern Bogen, als der nämliche Strang auf der rechten Seite (c). Wir können somit eine schwächere und eine stärkere Hälfte der Blattspur unterscheiden, jene mit geringerer, diese mit grösserer Spurweite. Die schwächere Hälfte der Blattspur liegt immer auf derjenigen Seite, wo sich das erste Blatt des Axillarzweiges befindet. An einem ganzen Schoss befinden sich daher die schwachen Hälften der Blattspuren symmetrisch auf der gleichen Seite (ade, hik, ors, uvw, $\alpha\varepsilon\delta$, $\zeta\eta\vartheta$). — In jede Ranke treten aus dem Stengel 3 Fibrovasalbündel ein (g, t, z); ebenso in die Axillarknospe (f, n).

Jeder Blattspurstrang kann durch 2 bis 7 Internodien hinabsteigen, ehe er sich mit einem andern vereinigt. Die 3 Stränge der Rankenspur, ebenso die Axillarstränge gehen nebenläufig durch ihr Stengelglied, und setzen sich meist schon im nächstuntern Knoten an Blattstränge an, wobei gewöhnlich 2 nach der einen, der 3. nach der andern Seite ausbiegen (t, n). Zuweilen gehen einzelne oder alle, vereintläufig oder eigenläufig, durch 2 und 3 Internodien hinab (z). — Der Querschnitt zeigt uns daher in geringer Entfernung vom Scheitel bis auf 30 und mehr Spurstränge. Weiter nach unten beginnt die Vereinigung derselben zu einem geschlossenen Fibrovasalring.

Die Verschränkungen zweier auf einander folgender Blattspuren finden in mannigfacher Weise statt: 1) Der erste seitliche Strang verschränkt sich nicht,

Digitized by Google

der zweite seitliche mit dem zweiten seitlichen (ml, ik, rs, pq, xy, $\beta\gamma$, $\varkappa\iota$). 2) Der erste seitliche verschränkt sich nicht, der zweite mit dem ersten (vw). 3) Der erste und zweite seitliche verschränken sich beide mit dem zweiten ($\delta\varepsilon$). 4) Der erste seitliche ist mit dem zweiten, der zweite mit dem ersten verschränktläufig ($\eta\vartheta$). 5) Beide seitliche sind mit dem ersten verschränkt (?). — Beide Hälften einer Blattspur sind rücksichtlich der Verschränkung oft ungleich, wobei gewöhnlich die stärkere Verschränkung der stärkern Hälfte entspricht.

Auch das Ausbiegen der Blattspurstränge neben den gleichnamigen des zweiten (d. h. des nächsten senkrecht-untern) Blattes zeigt verschiedene Modificationen. Der Medianstrang scheint bald nach rechts, bald nach links abzuweichen. Von den beiden seitlichen Strängen geht entweder jeder auf die dem Mediannerven zugekehrte (rs, xy, $\iota\varkappa$) oder jeder auf die abgekehrte Seite (vw, $\eta\vartheta$) des entsprechenden untern Stranges, oder sie fassen die beiden untern Stränge zwischen sich (pq), oder werden von denselben umfasst ($\beta\gamma$, $\delta\varepsilon$). Gewöhnlich findet ein Alterniren in diesen Ausbiegungen statt, so dass sich z. B. die dritte Blattspur anders verhält als die erste, die vierte anders als die zweite u. s. w.

Die 3 Stränge, welche aus dem Stengel in die Ranke eintreten, verzweigen sich sogleich, und diese Verzweigung dauert fort, so lange die Ranke wächst, weil immer ein Theil der Stränge in ihre Aeste abgeht, auch je einer in die schuppenförmigen Blätter der Ranken eintritt. In der Spitze der ausgewachsenen Ranke verdicken sich die Fibrovasalstränge, und neigen sich gegen einander. Der Querschnitt durch die Internodien und die Aeste zeigt 12 bis 25 Stränge.

An der Keimpflanze beginnt die Anordnung der Stränge folgendermaassen. Die 2strängigen Cotyledonarspuren werden gegen den Grund des Stengelchens an den Rändern vereintläufig. Die Spur des ersten Laubblattes (Primordialblattes), welches mit den beiden Samenlappen übers Kreuz alternirt, ist 5strängig. Der mediane und die beiden erstseitlichen Stränge gehen in die eine Gabel der Cotyledonarstränge, die beiden zweitseitlichen in die andere. Das zweite Laubblatt ist dem ersten fast gegenüber, aber höher inserirt. Von seinen 5 Strängen treten ebenfalls die 3 innern in die eine, die beiden äussern in die andere Gabel der Cotyledonarspuren ein.

Ampelopsis hederacea DC. (IX, 1—3).

Laubtriebe. Die Stellung der Blätter und der Ranken verhält sich gleich wie bei Vitis. Der Verlauf der Stränge ist noch viel unregelmässiger. Die Blattspuren sind 3, 4 oder 5strängig, und meistens ebenfalls deutlich ungleichhälftig. Ihre Stränge gehen durch 2 — 7 Internodien, ehe sie sich ansetzen (Fig. 1, 2). Zuweilen verschränkt sich eine Spur beiderseits mit der des nächstuntern Blattes (Fig. 2, hi, mn, qr, vu); häufig findet die Verschränkung nur an Einem Rande statt (Fig. 1, $\varepsilon\zeta$; Fig. 2, yz); seltener bleibt sie ganz aus (Fig. 1, gf, ik, on, sr). Die Medianstränge biegen am zweiten Knoten bald rechts bald links aus (Fig. 1, h, q, y, η; Fig. 2, l, t, γ). Die seitlichen fallen bald auf die äussere (Fig. 1, i, n, r, s; Fig. 2, q, r, v, u), bald auf die innere Seite (Fig. 1, k, o, v; Fig. 2, m, n) der

Digitized by Google

gleichnamigen Stränge der zweituntern Spur. An der Ausbiegungsstelle bildet sich zuweilen ein zweiter Schenkel, der nach der andern Seite geht (Fig. 2, m).

Aus einer Ranke treten 3 oder auch nur 2 Stränge in den Stengel ein (Fig. 1, d, l, p; Fig. 2, e, o, s), welche nebenläufig durch ein Internodium hinabsteigen, und dann meist, nach rechts und nach links auseinander gehend, an Blattspurstränge sich ansetzen (Fig. 2, o). Zuweilen auch ziehen sie noch durch 1 oder 2 Internodien weiter (Fig. 1, p). — In den Ranken selber sind die Stränge wie bei Vitis angeordnet. — Auch das Verhalten der Keimpflanze stimmt mit dieser Gattung überein.

12. Blätter alternirend-zweizeilig. Blattspur meist 5strängig; die Lateralstränge zweier successiver Blätter vollständig-verschränkt.

Phaseolus vulgaris Lin. und Ph. multiflorus Lam. (X, 2 — 4).

An der Keimpflanze folgen auf die beiden Cotyledonen 2 opponirte, mit jenen ein Kreuz bildende Primordialblätter, darauf die alternirend-zweizeiligen Laubblätter. In jeden Samenlappen geht eine Fibrovasalmasse aus, die 2- oder mehrsträngig und nebenläufig durch das Stengelchen zieht (Fig. 3, a, b). Jedes der beiden Primordialblätter erhält 5 Stränge (Fig. 3 und 4, i, k), die sich sogleich im Knoten mit einander verschränken und an einander anlegen; indem der rechte erstseitliche eines Blattes mit dem linken zweitseitlichen des andern und ebenso der linke erstseitliche mit dem rechten zweitseitlichen sich vereinigt. Die Spur der beiden Blätter zusammen ist desshalb 6strängig, (cdefgh). Am Cotyledonarknoten biegen sie so aus, dass ein Medianstrang und 2 der vereintläufigen Lateralstränge (c und eh, d und fg) in jedem mit den Cotyledonarspuren alternirenden Zwischenraum sich befinden, wo dann verschiedene Vereinigungen statt haben.

Die 5 oder 4 Stränge einer Laubblattspur gehen durch ihr Internodium innerhalb der Kanten desselben, und verschränken sich am nächsten Knoten mit den Lateralsträngen des letztern (Fig. 2), und zwar der erste laterale der obern Spur (z. B. f oder g) mit dem zweiten der untern (mit d oder c), der zweite (h oder i) mit dem ersten (b oder a). Von den 5 Strängen entstehen zuerst die 4 seitlichen, welche 2 Bögen beschreiben und sich zum Mittelnerv des Blattes vereinigen; darauf bildet sich der Medianstrang, welcher anfänglich mit einem, nachher mit zwei Schenkeln von der Vereinigungsstelle der beiden Bögen entspringt und nach unten geht. Später scheint er die directe Fortsetzung vom Mittelnerven des Blattes zu sein. Zuweilen bleibt die Bildung des Medianstrangs ganz aus, so dass die Blattspur 4strängig bleibt (Fig. 2, abcd, fghi, lmno, qrst, uvwx. Die Spurstränge gehen durch zwei oder mehrere Internodien nach unten und vereinigen sich bald unregelmässig bald regelmässig mit einander, z. B. der erste laterale nach 2 Schrit-

Digitized by Google

ten mit dem ersten der untern Spur (l mit g, m mit f, r mit l, q mit m) und der zweite laterale nach 3 Schritten mit dem zweiten der zweituntern Spur (s mit h, t mit i, x mit o, w mit n).

Die Axillarknospe der Laubblätter erhält aus dem Stengel 2 Stränge (Fig. 2, e, kk, p), welche meistens im nächsten Knoten sich rechts und links anlegen (an die zweitseitlichen der obern Spur), zuweilen aber auch durch 2 Internodien hinziehen.

13. Blätter alternirend-zweizeilig; Zeilen einseitig-genähert. Blattspur 7—9strängig; alle Stränge zweier successiver Blätter verschränkt.

Platanus occidentalis Lin. (X, 5).

Laubtriebe. Die Blätter stehen in 2 Zeilen, welche am ausgebildeten Spross deutlich auf einer Seite etwas genähert sind, und an demselben eine schmale und eine breite Hälfte scheiden. In der Terminalknospe scheint mir die Divergenz etwa 138° zu betragen. Das zweite Blatt fällt genau über das Ausgangsblatt, das dritte über das erste. Die Blattspirale wendet also nach jedem Schritte um. Wenn an der einen Blattzeile des Zweiges die anodische Seite rechts, die kathodische links liegt, so ist die Lage bei der andern Zeile umgekehrt; und zwar befindet sich die anodische Seite beider Zeilen auf der schmalen Stengelhälfte, die kathodische auf der breiten.

Die Zahl der aus einem Blatte in den Zweig eintretenden Stränge ist verschieden. Es lassen sich aber bestimmte constante Verhältnisse nachweisen. Auf der Seite der Medianlinie befinden sich gewöhnlich 3 genäherte Stränge (Fig. 5, A); ich will sie als die Mediansträngе bezeichnen. Es kommt auch vor, dass der anodische derselben mit dem mittlern mehr oder weniger verschmolzen ist. Diese Mediansträngе gehen nebenläufig im Stengel nach unten, bis sie etwa nach einem Internodium sich in einen einzigen vereinigen. — Ausserdem treten 5 seitliche Stränge aus dem Blattstiel in den Zweig ein, und zwar 2 auf der schmalen oder anodischen (E, F), 3 auf der breiten oder kathodischen Seite (B, C, D).

Das junge tutenförmige Nebenblatt hat am Grunde 7 — 9 Stränge, von denen 2 etwas stärkere in den vorspringenden und verdickten Ecken rechts und links vom Blattstiel, die übrigen auf der abgekehrten Seite desselben sich befinden. Am Knoten vereinigen sich jene beiden stärkern mit den extremen Lateralsträngen des Blattstieles. Die übrigen sammeln sich gewöhnlich in 2, zuweilen in 1 oder 3 Stränge, die selbständig in den Stengel eintreten (G, H, I).

Die ganze Blattspur, die den Umfang des Stengels vollständig oder nahezu einnimmt, besteht somit aus den Mediansträngen, aus 5 seitlichen Petiolar- und aus 1 — 3 Stipularsträngen. Im Stengelknoten sind sie durch Gefässbögen verbunden; nur bleibt in der Regel die Stelle zwischen den beiden Stipularsträngen

Digitized by Google

offen, wesswegen die Spur vielleicht nicht $^1/_4$, sondern blos $^7/_8$ oder $^6/_8$ weit zu nennen ist.

Die Mediantränge gehen, wie bereits bemerkt, nebenläufig durch ihr Stengelglied, und verschmelzen dann gewöhnlich mit einander. Der vereinigte Strang liegt im erstuntern Knoten zwischen dessen anodischem zweitseitlichem Petiolar- und dem nächsten Stipularstrang, (a′ zwischen F und H), oder es liegt die andere Hälfte der Mediantränge zwischen den Stipularsträngen (a′ zwischen H und I). Der erste anodische Petiolarstrang verschränkt sich mit dem zweiten anodischen des untern Knotens, und befindet sich im nächsten Glied zwischen demselben und dem ersten anodischen (e′ zwischen E und F). Der zweite anodische Petiolarstrang verschränkt sich mit dem ersten anodischen des folgenden Blattes, und liegt zwischen demselben und den Medianträngen (f′ zwischen E und A). Der erste kathodische Petiolarstrang (b′) tritt zwischen die Stipularstränge ein (H und I). Der zweite kathodische Petiolarstrang befindet sich zwischen denselben und dem dritten kathodischen Petiolarstrang (c′ zwischen I und G, c′ zwischen G und D). Der dritte kathodische Petiolarstrang verschränkt sich mit dem dritten kathodischen der nächstuntern Spur, und liegt zwischen demselben und dem zweiten (d′ zwischen D und C). Von den beiden Stipularsträngen tritt gewöhnlich der eine zwischen den zweiten und ersten kathodischen (g′ zwischen C und B), der andere zwischen den ersten kathodischen und die Mediantränge des nächsten Blattes.

Jeder der Blattspurstränge geht gewöhnlich durch 2 Internodien, um am zweiten Knoten, wo sie auf die senkrechtuntern Stränge treffen, auszubiegen oder auch sich gabelig zu theilen, worauf er noch durch 1 oder 2 Stengelglieder hinabsteigen kann, ehe er sich an untere Stränge ansetzt. Zuweilen finden jedoch die Vereinigungen schon früher statt. So scheint es namentlich Regel zu sein, dass der mittlere der Mediantränge oder auch der vereinigte Mediantrang dicht unter dem nächsten Knoten mit dem anodischen Stipularstrang verschmilzt. Auch der erste kathodische Petiolarstrang vereinigt sich häufig schon in gleicher Höhe mit einem andern Stipularstrang.

14. Blätter alternirend-zweizeilig. Blattspur 10—13strängig; alle Stränge zweier successiver Blätter verschränkt.

Menyanthes trifoliata Lin. (XI, 1).

Laubsprosse. Die Untersuchung wurde an magern, fast trocken wachsenden Exemplaren gemacht. Die Blätter stehen in 2 verticalen Zeilen, welche an der obern Seite des niederliegenden Stengels einander genähert sind, und höchstens einen Bogen von 165° zwischen sich haben. Die scheidenförmige Blattbasis entspringt vom ganzen Stengelumfange und ist am Grunde eingerollt, in der Art, dass immer der Rand der schwächern (obern) Hälfte übergreift. Die Einrollung ist daher an den Blättern einer Zeile gleich, in beiden Zeilen ungleich.

Digitized by Google

Von den Blattspursträngen sind 10, ehe sie in den Fibrovasalkreis des Stengels eintreten, in einen Kreis gestellt (Fig. 1). I (A) sei der Medianstrang, II (B), IV (D), VI (F), VIII (H), X (K) die Lateralstränge der stärkern Hälfte, III (C), V (E), VII (G), IX (J) diejenigen der schwächern Hälfte. Die Stärke der Stränge nimmt von I bis X (oder von A bis K nach ihrer alphabetischen Folge) ziemlich regelmässig ab, ebenso die Grösse der Zwischenräume zwischen je zweien. IX (J) und X (K) liegen am nächsten beisammen. Zwischen I (A) und II (B), I (A) und III (C), II (B) und IV (D), III (C) und V (E) befindet sich etwas ausserhalb des Kreises je ein schwächerer Strang, den ich als $^{1}/_{II}$ (N), $^{1}/_{III}$ (O), $^{II}/_{IV}$ (P) und $^{III}/_{V}$ (Q) bezeichnen will. Wenn alle diese Stränge vorhanden sind, so beträgt die Zahl 14. Es können aber je die kleinsten mangeln, und sie verschwinden in der Reihenfolge: $^{III}/_{V}$ (Q), $^{II}/_{IV}$ (P), X (K), IX (J).

Die Entstehung findet in folgender Ordnung statt: I, II, III, IV, V, VI, $^{1}/_{II}$, VII, $^{1}/_{III}$, VIII, IX, $^{II}/_{IV}$, X, $^{III}/_{V}$ (A, B, C, D, E, F, N, G, O, H, J, P, K, Q). Wenn V (E) gebildet ist, so beginnt das nächstobere Blatt mit I (a). Die Blattspurstränge steigen durch die Rinde des Stengels schief nach unten und innen, und treten früher oder später in den Fibrovasalkreis ein. Die Ordnung, in welcher diess geschieht, ist folgende: I, II, III, IV, V, VI, VII, $^{1}/_{II}$, VIII, $^{1}/_{III}$, IX, X, $^{II}/_{IV}$, $^{III}/_{V}$ (A, B, C, D, E, F, G, N, H, O, J, K, P, Q). Dieses Eintreten vertheilt sich auf die ganze Länge eines Internodiums; so dass unmittelbar nach den letztgenannten Strängen I (A') des nächstuntern Blattes folgt; $^{II}/_{IV}$ (P) und $^{III}/_{V}$ (Q) können selbst tiefer als I (A') eintreten.

Die Verschränkung zweier auf einander folgender Blattspuren findet im Allgemeinen so statt, dass zwischen 2 Stränge der untern Spur je einer der obern zu liegen kommt. Ausnahmen hievon finden constant an den, dem Mittelnerven und dem Rande der Blätter entsprechenden Stellen statt, indem in den Raum zwischen I und $^{1}/_{II}$ (A und N), zwischen I und $^{1}/_{III}$ (A und O) je 2 oder selbst 3 der kleinen Randstränge eintreten. Seltener geschieht es, dass ein Strang der obern Spur auf einen solchen der nächstuntern trifft und denselben mit zwei Schenkeln umfasst.

Was das Verhalten der Stränge einer Spur zu den senkrecht unter ihnen befindlichen des zweituntern Blattes betrifft, so gelten im Allgemeinen folgende Regeln. Die Medianstränge (I oder A) biegen immer nach der schwächern Hälfte der Spur aus. Alle seitlichen Stränge der schwächern Hälfte ($^{1}/_{III}$, III, $^{III}/_{V}$, V, VII, IX oder O, C, Q, E, G, J) und von der stärkern die beiden Stränge $^{1}/_{II}$ und II (N und B) biegen nach der nämlichen Seite aus, wie der Medianstrang der gleichen Spur. Die übrigen Lateralstränge der stärkern Hälfte ($^{II}/_{IV}$, IV, VI, VIII, X oder P, D, F, H, K) biegen in entgegengesetzter Richtung aus. Von diesen Regeln giebt es einzelne Ausnahmen; am häufigsten zeigt II (B) ein abweichendes Verhalten. Im Ganzen aber können wir von den Strängen einer Blattspur aussagen, dass ihre Hälften ($^{1}/_{II}$, I, III, V, VII, IX einerseits und IV, VI, VIII, X anderseits) einen entgegengesetzt-schiefen Verlauf haben und sich, im Stengel abwärts steigend, auf der Randseite einander nähern.

Digitized by Google

Die Stränge gehen durch 1 bis 3 und 5 Internodien, bis sie sich an untere ansetzen. Im Ganzen sind sie um so kurzschrittiger, je schwächer sie sind. — Nicht selten wird ein Strang, da wo er über dem senkrecht-untern ausbiegt, durch Bildung eines zweiten Schenkels gabelig. Ausser diesen Gabelungen bilden sich nachträglich auch noch schiefe Anastomosen zwischen den Strängen, so dass man zuletzt eine Art Netz mit sehr langgezogenen Maschen erhält, welches nicht zu einem geschlossenen Fibrovasalring sich ausbildet.

Da alle Mediannstränge nach der schwächern Stengelhälfte ausbiegen, so haben die der einen und andern Blattzeile einen entgegengesetzt-schiefen Verlauf, und der Abstand zweier successiver Mediannstränge wird um so kleiner, je weiter sie im Stengel nach unten gehen. Ich habe früher gesagt, dass die Divergenz zweier successiver Blätter ungefähr 165° beträgt. Ihre Mediannstränge zeigen nach einander durchschnittlich folgende Abstände: 161°, wenn das untere noch in der Blattscheide ist, — 159°, wenn es in der Rinde sich befindet, — 153½°, wenn es in den Kreis eintritt, — 151° tiefer im Kreis.

15. Blätter opponirt. Spuren 1strängig.

Die Stränge biegen am zweituntern Knoten bald symmetrisch-convergirend (der eine rechts, der andere links), bald gleichwendig (beide rechts oder beide links) aus. Die Art dieses Ausbiegens ist für gewisse Pflanzen constant; es scheint aber, dass andere beide Arten vereinigen. Es kann übrigens nur in den allerfrühsten Zuständen beobachtet werden; später bildet sich meistens an der Ausbiegungsstelle ein zweiter Schenkel, so dass der Strang gabelig wird und somit den untern rittlings umfasst.

Fraxinus excelsior Lin. (XII, 9).

Laubsprosse. Die Blattpaare alterniren auch in der Terminalknospe von Frühjahrstrieben genau kreuzweise. In jedes Blatt geht eine breite Fibrovasalmasse aus, welche bald ziemlich ungetheilt, bald in 2 oder 4 und noch häufiger in 3 Partien getheilt erscheint und in dieser Weise durch das Internodium hinabsteigt. Schon oben im erstuntern Internodium spaltet sie sich in 2 Stränge, welche abwärts immer mehr aus einander weichen, so dass sie rechts und links neben die Fibrovasalmasse zu liegen kommen, welche im zweituntern Knoten in das Blatt ausgeht und getrennt neben derselben noch durch wenigstens ein Stammglied hinziehen. Diese Verhältnisse lassen sich nur in der Stammspitze selbst erkennen, deren Glieder sich nach oben sehr rasch verkürzen (Fig. 9). In den allerjüngsten Zuständen sind die Stränge einfach, und biegen gleichwendig (unsymmetrisch) aus; wenigstens war diess in den wenigen beobachteten Zweigen der Fall.

Digitized by Google

Vinca minor Lin. (XI, 8) und V. major Lin.

Laubtriebe. Die Blattzeilen sind schon in der Terminalknospe genau kreuzweise. Die breiten Stränge spalten sich am zweituntern Knoten gabelig. Anfänglich, wenn sie erst aus einem oder zwei Gefässen bestehen, sind sie einfach und biegen (nach 2 Beobachtungen zu schliessen) symmetrisch-convergirend aus (Fig. 8, e, f). Die Stammglieder verkürzen sich rasch nach der Spitze, und man findet oft schon im 4. oder 5. gefässführenden Internodium einen geschlossenen Fibrovasalring.

Apocynum hypericifolium Ait.

Laubsprosse. Diese Pflanze hat grosse Aehnlichkeit mit Vinca. Der Strang, der in das Blatt ausgeht, wächst rasch in die Breite, und nahe unter der Stammspitze findet man einen geschlossenen Fibrovasalring. Aus der Axillarknospe treten 2 Stränge in den Stengel ein, welche sich sogleich an die Gabeläste des Stranges ansetzen, der vom zweitobern Blattpaar kommt. Die Blätter in der Terminalknospe sind nicht diametral gegenüber, sondern etwas genähert. Dem entsprechend scheinen auch die Stränge ursprünglich symmetrisch-convergirend auszubiegen.

Phlox Spec.

Die kreuzweise Anordnung ist schon an den obersten Blattpaaren vorhanden. Die Internodien verkürzen sich auch hier rasch. Wenn die Stränge erst aus einem Gefäss bestehen, sind sie noch ungetheilt und biegen gleichwendig aus, was dreimal beobachtet wurde. Nachher bildet sich die Gabel; die Stränge verbreitern sich rasch und schliessen sich bald zu einem Ring.

Veronica incisa Ait.

Das Ausbiegen der ursprünglichen noch ungetheilten Spurstränge findet bald gleichwendig, bald symmetrisch-convergirend statt. Das Erstere wurde fünfmal, das Letztere sechsmal beobachtet. Im Uebrigen verhält sich diese Pflanze wie die vorhergehenden.

Calluna vulgaris Sal.

Laubzweige. Die Blattpaare alterniren in der Terminalknospe genau kreuzweise. Aus jedem Blatt geht ein Strang durch 2 Stengelglieder nach unten und spaltet sich daselbst gabelig.

Hypericum quadrangulum Lin. (XII, 3, 4) und Androsaemum officinale All.

Laubtriebe. Die Blattzeilen kreuzen sich schon in der Terminalknospe rechtwinklig. Die Stränge spalten sich am zweituntern Knoten gabelig (Fig. 3, 4).

Digitized by Google

Wegen ihres raschen Breitenwachsthums zeigt schon das 5. oder 6. Internodium einen geschlossenen Fibrovasalring.

Evonymus europaeus Lin.

Laubtriebe. Schon in den frühsten Zuständen kreuzen sich die Blattpaare rechtwinklig. Zweimal wurde symmetrisch-convergirendes Ausbiegen der jüngsten Spurstränge beobachtet. Bald tritt Gabelung ein. Die Stränge verbreitern sich rasch, so dass man im 4. und 5. gefässführenden Internodium sie nicht mehr deutlich unterscheiden kann, und im 6. oder 7. Glied der Fibrovasalring geschlossen ist.

Alsine laricifolia Wahlenb. (IX, 4, 5).

Frühjahrstriebe, welche noch keine Endblüthe angelegt haben. Die Blätter sind in der Terminalknospe ziemlich gegenüber, wenn auch nicht vollkommen diametral. Das eine Blatt eines Paars trägt den grössern oder einzigen Ast; ich will es das Anfangsblatt nennen. Die successiven Paare alterniren nicht rechtwinklig; der Abstand der Anfangsblätter beträgt im Mittel 85°. Sie bilden eine rechts- oder linkswendige Spirale, und alle Blätter zusammen sind in 4 etwas schiefe Zeilen geordnet, von denen jede etwa durch 70 Internodien einen Umlauf beschreiben würde. Diese Stellungsverhältnisse lassen sich nur in der Knospe deutlich sehen (Fig. 4).

Der Fibrovasalstrang eines Blattes geht durch 2 Stengelglieder nach unten, und trifft im zweiten Knoten nicht genau auf den entsprechenden Strang des letztern. Er biegt neben demselben immer in einem der Spirale der Anfangsblätter entgegengesetzten Sinne aus (d. h. zur Rechten, wenn die Spirale linkswendig ist). Die beiden Stränge eines Blattpaars verhalten sich daher gleichwendig (Fig. 2, p. 9). Bald bildet sich an der Ausbiegungsstelle ein zweiter Schenkel, so dass der nun gabelige Strang den untern einfasst. Die Stränge verbreitern sich rasch und schmelzen bald zu einem vollständigen Ring zusammen.

Dianthus plumarius Lin. (XI, 2).

Frühjahrstriebe, die noch keine Gipfelblüthe angelegt haben. Das Verhalten ist dem der vorhergehenden Pflanze ähnlich. Die Blätter sind in der Terminalknospe ebenfalls nicht genau diametral gegenüber, und der Winkel, den 2 successive Paare bilden, ist kleiner als 90°. Wenn die Spurstränge erst aus einem Gefässe bestehen, sind sie einfach und biegen gleichwendig (unsymmetrisch) aus (Fig. 2, l, m). Bald aber werden sie gabelig (i, k), wachsen rasch in die Breite und schmelzen in einen Ring zusammen. Man kann die Gabeläste bis auf die Länge von 2 und 3 Internodien verfolgen.

Spergula arvensis Lin. (XI, 3, 4).

Kleine Pflänzchen, die noch keine Blüthenknospen angelegt haben. Die Blätter der Terminalknospe sind weder diametral gegenüber, noch die Paare genau

Digitized by Google

kreuzweise. Besonders ist dieses Abweichen von der decussirten Stellung auch deutlich an den Axillarknospen, deren erste Blätter sich rasch entwickeln und scheinbar mit den Tragblättern einen Quirl darstellen.

An jedem Knoten treten 2 Stränge aus, je einer in ein Blatt. Derselbe erscheint 3 gabelig, indem sich rechts und links ein Strang, der in die Vorblätter des Axillarzweiges geht, ansetzt. Die beiden Stränge, die in dessen zweites Blattpaar eintreten, endigen nach unten in den beiden Winkeln des 3 gabeligen Stranges, so dass derselbe auch 5 gabelig erscheinen kann.

Die beiden Stränge eines Knotens gehen mit denjenigen, die aus den Axillarästen sich an sie angesetzt haben, vereintläufig nach unten. Nicht selten jedoch trennt sich von den letztern einer, oder auch beide unterhalb des Knotens wieder los, so dass die Spur bald 1-, bald 2-, bald 3- und selbst 4 strängig ist (Fig. 4). Sie zieht durch 2 Internodien, und spaltet sich am zweiten Knoten in 2 Schenkel. Ursprünglich aber bog die noch ungetheilte Spur immer einseitig aus (Fig. 4, v, x, y, z). Dieses Ausbiegen geschieht meistens gleichwendig, doch zuweilen auch symmetrisch-convergirend. — Zuweilen setzt sich die Blattspur, nachdem sie sich am zweiten Knoten gabelig getheilt hat, sogleich an diejenige des erstuntern Knotens an (Fig. 4, v); in der Mehrzahl der Fälle jedoch geht sie noch durch das 2. untere Internodium (x, y, z), um sich dann an die Spur des 2. oder 3. untern Blattpaars anzulegen. In einzelnen Fällen kann sie sogar vor ihrer Vereinigung 4 oder 5 Stengelglieder durchlaufen.

Da die Blattspuren aus ungleich vielen (1 — 4) Strängen bestehen und einen ungleich langen Verlauf haben, so ist die Zahl der Spurstränge, die der Querschnitt des ausgebildeten Internodiums zeigt, verschieden; sie variirt von 6 — 11. Die Anordnung ist, abgesehen von 4 kreuzweise gestellten und meist durch ihre Stärke sich auszeichnenden Strängen, mehr oder weniger unregelmässig (Fig. 3).

Cerastium frigidum Biebrst. (XI, 5 — 7) und C. triviale Lk.

In der Laubregion geht die einsträngige Blattspur gerade durch 2 Internodien, und spaltet sich am 2. untern Knoten, wo sie auf den Strang des letztern trifft, in zwei Schenkel. Diese durchziehen ein Stengelglied, und setzen sich im dritten Knoten an die Schenkel der Stränge vom erstuntern Blattpaar an (Fig. 6). Die Folge davon ist, dass jeder Querschnitt regelmässig 8 Spurstränge zeigt, 2 stärkere opponirte, die dem eigenen Blattpaar angehören, 2 damit kreuzweise gestellte etwas schwächere für das erstobere Paar, und 4 zwischenliegende (mit den 4 genannten alternirende) noch schwächere, welche die Schenkel der Stränge vom 2. obern Paar sind.

Das Laubblattpaar, welches unter der Gipfelblüthe sich befindet, trägt 2 Axillarzweige, von denen jeder ein Paar Blätter erzeugt, und dann in eine Blüthe endigt. Im Winkel dieser Blätter stehen wieder gleiche 2 blättrige Blüthenzweige u. s. f. Der Stiel der Terminalblüthe wird von 5 Strängen durchzogen, welche an seinem Grunde, durch Verschmelzen je zweier in einen, sich auf 3 reduziren (Fig. 5 und 6, p, o, n). Von den 3 biegen im Knoten 2 zusammen, so dass sie im

Digitized by Google

nächsten Internodium ein nebenläufiges Paar oder auch einen vereintläufigen Strang bilden, welcher dem dritten Strang diametral gegenüber liegt (Fig. 6 und 7, p, o, n). Die 2 Stränge, welche aus den beiden Vorblättern jedes Astes unter der Gipfelblüthe kommen, gehen durch ihr Internodium, treten dann in den Stengel ein, steigen hier noch durch 2 Glieder hinab (im zweiten sind die einen mit den Strängen des Blüthenstiels vereintläufig), und setzen sich an die Gabeläste der Stränge vom obersten Blattpaar des Stengels an.

Das zweite Internodium vor dem terminalen Blüthenstiel hat daher, wie die vorhergehenden, 8 Stränge, aber von anderer Bedeutung: 4 kreuzweise angeordnete für die 2 obersten Blattpaare (Fig. 6, e, f, g, h), und damit alternirend 4 für die Blätter der Aeste (h, i, l, m). Das Stengelglied dagegen, welches dem Blüthenstiel unmittelbar vorausgeht, zeigt 9 Stränge: 2 opponirte, welche durch ihre Stärke sich auszeichnen, für das oberste Blattpaar (Fig. 6 und 7, g, k), damit ein Kreuz bildend einerseits die 2 paarigen (p, o) anderseits der unpaare (n) für den Blüthenstiel, endlich mit den genannten Strängen alternirend 4 für die Vorblätter der beiden Aeste (h, i, l, m).

In allen folgenden Verzweigungen des Blüthenstandes finden wir ganz ähnliche Verhältnisse, nämlich 5 Stränge im Blüthenstiel, die sich in der Zahl von 3 durch das erste Glied fortsetzen und im Grunde desselben sich anlegen; und 9 Stränge im ersten Glied jedes Sprosses von gleicher Anordnung und gleicher Bedeutung wie im obersten Stengelglied. Der Unterschied im Verlauf der Stränge besteht nur darin, dass die Blattspuren immer nur durch 2 Internodien gehen und dann sich ansetzen, nämlich durch dasjenige des eigenen Sprosses und das des Tragsprosses.

Jeder der 5 Stränge des Blüthenstieles geht in ein Kelchblatt aus. Der Querschnitt dicht unter der Blüthe zeigt 10 Stränge; die 5 neuen, die zwischen die frühern eingeschoben sind, theilen sich nach unten in 2 rechts und links sich anlegende Schenkel und nach oben in 2 Aeste, welche in die benachbarten Kelchblätter eintreten, sich gewöhnlich noch einmal gabeln und ihre seitlichen Nerven darstellen. — An die in den Kelch austretenden Fibrovasalstränge setzen sich später noch mehrere andere an, welche in die höhern Blüthentheile gehen, und eine ziemlich regelmässige Anordnung zeigen. Was die Entstehungsfolge der Stränge betrifft, so kommen nach dem Kelch zuerst diejenigen der centralen Placenta. Wenn die Hauptstränge des Kelches bereits gebildet sind, findet man in der ganzen übrigen Blüthe erst 1 oder 2 in der Placenta. Letztere ist später von sehr zahlreichen Strängen durchzogen, die von unten nach oben wachsen, und von denen jeder in ein Ovulum ausgeht. Wenn diese Bildung schon etwas fortgeschritten und das Gefässnetz in den Kelchblättern fast fertig ist, so beginnt die Gefässbildung in den Blumenblättern, wo sie von unten nach oben fortschreitet, und gewöhnlich noch früher in den Staubgefässen, wo sie am Grund und an der Spitze beginnt und von diesen beiden Endpuncten nach der Mitte hin sich fortbewegt. Die Pollenkörner sind übrigens vollständig entwickelt, ziemlich lange ehe der einfache Fibrovasalstrang in dem Staubgefäss sichtbar wird, welcher, da

Digitized by Google

der Staubfaden sich in der Mitte an die Anthere ansetzt, in der untern Hälfte der letztern mangelt. Zuletzt bilden sich die Stränge in den Eiern, in der Fruchtknotenwandung und in den Griffeln.

Galium (XII, 1 — 3). Rubia.

Bei Galium rubioides Lin. bestehen die scheinbar 4 blättrigen Quirle aus 2 Blättern und 2 Nebenblättern, die erstern mit Axillarknospen, etwas tiefer inserirt und umfassend, die letztern knospenlos und umfasst. Von den erstern hat das eine einen geförderten Axillarzweig; es ist das Anfangsblatt. Die Blattpaare alterniren nicht vollkommen rechtwinklig, was man schon daraus sieht, dass die von dem Rückennerv herablaufende Stengelkante nicht genau auf die Mitte zwischen den 2 untern Blättern trifft, sondern immer näher dem einen ausmündet. Noch deutlicher sind diese Verhältnisse in der Terminalknospe, wo die Stellungen genau gemessen werden können (Fig. 3). Der Abstand zweier auf einander folgender Anfangsblätter (a, e, i, n) beträgt 55 bis 75°, statt 90° wie es die genaue Decussation erfordern würde. Die Anfangsblätter (ebenso ihrerseits die Endblätter, b, f, k, o) sind in eine Schraubenlinie geordnet. Die 2 Blätter eines Paars scheinen selber nicht diametral gegenüber zu stehen, sondern nach einer Seite etwas genähert zu sein.

Bei Rubia tinctorum Lin. scheinen ähnliche Stellungsverhältnisse der knospentragenden Blätter in der Terminalknospe vorzukommen, sind aber lange nicht so deutlich. Dagegen weichen dieselben bei Galium Mollugo Lin. und G. purpureum Lin. von der rechtwinkligen Decussation kaum ab. — Von den blattartigen Organen eines Quirls bei den Rubiaceen überhaupt sind bekanntlich nur 2 gegenüberstehende mit Axillarknospen versehen und als wirkliche Blätter zu betrachten. Sie sind es, welche unterhalb der Stammspitze zuerst als zwei kleine opponirte Höckerchen sichtbar werden. Unmittelbar nachher tauchen rechts und links neben ihnen neue Warzen auf, und diese Anlegung der Stipulargebilde schreitet, wenn ihrer mehrere vorhanden sind, in gleicher Weise fort, bis der Kreis geschlossen ist. In der Achsel der beiden Blätter treten schon sehr frühe Knospenanlagen auf; die des Anfangsblattes erscheint vor der andern, und hat in der Entwickelung auch immer einen Vorsprung. Ich bemerke übrigens, dass das Wachsthum der Blätter sehr oft ein umgekehrtes Verhältniss zeigt, indem das Anfangsblatt sich etwas langsamer ausbildet und daher kleiner ist.

Betrachtet man die Stammspitze von Galium Mollugo von oben, so scheinen die beiden obersten Blattanlagen genau den Enden des Durchmessers zu entsprechen und mit den beiden Blättern des folgenden Knotens ein rechtwinkliges Kreuz zu bilden. Aber meist schon die Blätter des dritten Paars sind etwas seitlich gerückt, indem sich die eine Hälfte des Knotens stärker entwickelt. Diese ungleiche Ausbildung wird weiter abwärts noch deutlicher. Wir können daher an jedem Knoten eine stärkere und eine schwächere Hälfte unterscheiden, welche durch die beiden Blätter von einander geschieden werden. Ist die Zahl der blattartigen Organe eines Quirls ungerade, so befindet sich die grössere Zahl der Neben-

Digitized by Google

blätter auf der stärkern Hälfte. — Diese ungleichmässige Entwickelung giebt sich namentlich auch in dem Verlauf der Stengelkanten kund. Von jedem Knoten steigen deren 4 abwärts; und 2 davon fallen seitlich von der Blattmediane des untern Knotens, weshalb die Aeste dieses letztern immer neben und nicht vor den Kanten des obern Internodiums stehen.

Die Ungleichhälftigkeit der Knoten schreitet mit der Spirale der Anfangsblätter regelmässig fort, und zwar so, dass die schwächere Hälfte dem Anfangsblatt vorausgeht, die stärkere demselben nachfolgt. Verfolgen wir daher eine Stengelkante von unten nach oben, so finden wir an derselben die Aeste alternirend rechts und links, wobei auf der einen Seite blos stärkere Aeste (im Winkel der Anfangsblätter), auf der andern Seite blos schwächere liegen.

Die Aeste haben ihre ersten Blätter rechts und links, das Anfangsblatt immer dem Anfangsblatt des nächstuntern (unter dem Tragknoten befindlichen) Stengelknotens zugekehrt. Der stärkere Ast ist mit dem Tragspross antidrom, der schwächere homodrom.

An jedem Knoten treten 2 Fibrovasalstränge aus, je einer in ein Blatt. Dieselben gehen durch 2 Stengelglieder innerhalb der Kanten nach unten, und spalten sich dann meistens in 2 Schenkel, welche je einen Strang des zweituntern Blattpaars zwischen sich fassen, und oft noch durch 2 oder 3 Internodien verfolgt werden können. Das 5. bis 7. der gefässführenden Stengelglieder, von oben an gerechnet, zeigt meistens schon einen geschlossenen Fibrovasalring. — Von den beiden Schenkeln eines Stranges ist gewöhnlich der eine, als der später entstandene, der schwächere; und nicht selten unterbleibt die gabelige Theilung gänzlich, so dass dann der obere Strang einseitig neben dem untern vorbeigeht (Fig. 1, e, f, g, h). Ursprünglich sind die Stränge immer einfach, und das Ausbiegen derselben ist nach der verschiedenen Blattstellung verschieden. Bei Galium rubioides biegen die Stränge gleichwendig aus, bei Galium Mollugo dagegen symmetrisch-convergirend (Fig. 1, e und f, g und h, k und i)*).

---

*) Hanstein, dessen Abhandlung über gürtelförmige Gefässstrang-Verbindungen im Stengelknoten dicotyler Gewächse ich erst nach Vollendung des Manuscripts erhielt, sagt, dass bei Asperula cynanchica, ebenso bei den übrigen Rubiaceen die beiden opponirten Blattspuren genau auf die Spuren des zweitniedern Paares treffen und sich daher in je zwei Hälften spalten. Auch bei andern zahlreichen Fällen streng opponirter und decussirter Blattstellung will derselbe den innigsten Zusammenhang zwischen ihr und der Anordnung der Blattspuren gefunden haben. Indessen ist die Methode Hanstein's zur Entscheidung der Frage, wie weit die Anordnung der Blätter und ihrer Spuren im Stengel übereinstimme und wie weit sie abweiche, unzureichend. Er vernachlässigte es, die allerfrühsten Entwicklungszustände und die feinern Stellungsverhältnisse, welche beide einige constante Regeln darbieten, zu studiren, und den Verlauf der Stränge auf längere Strecken wirklich zu verfolgen. Auf die Polemik Hanstein's einzutreten, kann ich um so eher unterlassen, als derselbe offenbar von meiner Ansicht nicht die richtige Kenntniss hatte, und ich zur Beweisführung, wie ich glaube, bereits genug Thatsachen angeführt habe.

Ich habe der bogen- und gürtelförmigen Verbindungen zwischen den Blattspurensträngen bei ihrem Austreten aus dem Stengel häufig nicht erwähnt, weil ich sie als zur Blattbasis gehörig betrachte, und weil sich die gegenwärtigen Mittheilungen auf den Verlauf der Stränge im

Digitized by Google

Aus dem Ast treten zuerst 2 Stränge, die dem ersten Blattpaar angehören, in den Stengel ein. Dieselben legen sich meistens sogleich an den Strang des Tragblattes an (Fig. 1, a, b, c, d), seltener gehen sie getrennt neben demselben nach unten. Die Stränge des zweiten Blattpaars verhalten sich in gleicher Weise.

16. Blätter quirlständig. Spuren 1strängig.

Trevirania longiflora Reg. Var. ilicifolia.

Die Blattquirle sind 2, 3 oder 4zählig, und alterniren mit einander; seltener sind sie in eine Spirale aufgelöst. Schon die jüngsten Zustände in der Terminalknospe zeigen die quirlförmige Stellung der Blätter; aber die Elemente eines Kreises sind häufig etwas ungleich gross, und scheinen dadurch eine spiralige Folge anzudeuten.

Der Strang eines Blattes geht durch 2 Internodien nach unten, und biegt am zweiten Knoten neben der entsprechenden Blattspur aus. Die Stränge, die von dem nämlichen Quirl herkommen, sind ebenfalls von ungleicher Stärke, und auch dieses Verhalten, sowie die Art ihres Ausbiegens scheint auf eine spiralige Anordnung hinzuweisen. Uebrigens nehmen sie sehr rasch an Breite zu, so dass sie bald nicht mehr von einander unterschieden werden können. Zuweilen ist ein Strang in mehrere Massen getheilt.

Russelia juncea Zuccar. (XIV, 6—8).

An allen Sprossen beginnt die Blattbildung mit opponirter Anordnung. Bei den schmächtigern Quirlzweigen bleibt sie opponirt, oder geht in die gedreite Stellung über. Bei den stärkern Trieben schreitet sie rasch zu 4 und 5zähligen Quirlen fort. Wenn gleichzählige Quirle auf einander folgen, so alterniren sie

---

Stengel beschränken. Da diese Sache von Hanstein angeregt wurde, so bemerke ich hier gelegentlich, dass die bogenförmigen Verbindungen zwischen den Spursträngen auch bei einzelstehenden Blättern der Dicotyledonen eine nicht seltene Erscheinung sind.

Das Verhalten von Galium giebt Hanstein Veranlassung, ein neues Merkmal für die Unterscheidung von Blatt und Stipula aufzustellen; er meint, die Vermuthung, dass der Quirl der Rubiaceen durch Nebenblätter gebildet werde, erhalte ihre sichere Begründung in der Thatsache, dass dieselben keine Gefässstränge aus dem Stengel beziehen; denn nur dasjenige sei als eigentliches und selbständiges Blattorgan anzusehen, was aus dem Stengelinnern einen eigenen Gefässstrang erhalte. Dieser Theorie stehen aber 2 Facta entgegen: 1) dass es in Quirlen einzelne Blätter giebt, welche keine eigenen Spuren im Stengel haben (Hippuris), 2) dass es Stipulae giebt, deren Stränge wirklich wie Blattspurstränge in den Stengel gehn; das ist z. B. bei Humulus, Viola, Passiflora, Platanus, Lathyrus Aphaca der Fall. Die gürtelförmigen Verbindungen, aus denen Hanstein die Stipularstränge entstehen lässt, sind, wie die Entwickelungsgeschichte zeigt, wenigstens bei diesen Pflanzen eine secundäre Bildung. Wenn ich nicht sehr irre, so kommt diese Erscheinung aber auch noch bei mehreren andern sich frühzeitig und stark entwickelnden Nebenblättern vor.

Digitized by Google

regelmässig, so dass die Elemente des 2. senkrecht über denen des Ausgangsquirls stehen.

Von jedem Blatt geht eine Rippe nach unten; zwischen je zweien befindet sich eine Furche. Sind die Quirle gleichzählig, so treffen immer die Furchen des einen Internodiums auf die Kanten des nächstobern und nächstuntern. Folgt aber auf einen minderzähligen ein mehrzähliger oberer Quirl, so trifft auf jedes untere Blatt ebenfalls immer eine Furche des obern Gliedes; auf die einen Furchen des untern kommt je eine Rippe des obern, auf die anderen aber (1 oder 2, je nach der Zunahme der Quirlelemente) treffen je 2 Rippen mit der zwischenliegenden Furche. Dem entsprechend finden wir auch, dass ungleichzählige successive Quirle nicht gleich grosse Abstände zwischen ihren eigenen Elementen zeigen.

Die Vorblätter an den Aesten und Zweigen stehen rechts und links. Sie sind meistens nicht diametral gegenüber, sondern nach der Seite des Tragblattes etwas genähert. Folgt auf die beiden Vorblätter ein 3 zähliger Quirl, so steht ohne Ausnahme ein Blatt desselben median nach vorn, 2 nach hinten (dem Stengel zugekehrt). An den schmächtigen Quirlzweigen sind die letztern beiden einander mehr genähert, an den dickern Aesten aber weiter von einander entfernt, als es die Anordnung zu einem gleichschenkligen Dreieck erfordern würde. Wenn der nächste Quirl wieder 3 zählig ist, so alternirt er mit dem vorhergehenden, und wenn dann ein 4 zähliger folgt, so treffen 2 Blätter auf den vordern (dem Tragblatte zugekehrten) Zwischenraum. Kommt nach einem so gestellten 4 zähligen ein 5 zähliger Quirl, so fallen 2 Blätter auf den hintern Zwischenraum des vorhergehenden. In gleicher Weise giebt es auch für die andern Successionen von ungleichzähligen Quirlen, namentlich am Grunde eines Sprosses, constante und regelmässige Verhältnisse. Ich erwähne derselben blos, um zu zeigen, dass sich die Stellung der Blätter sehr genau ermitteln, und der Verlauf der Spurstränge damit vergleichen lässt.

Nicht selten kommen Nebenzweige vor, welche in der Medianlinie des Blattes und seines Axillarzweiges liegen. In Folge dessen finden sich in einem Blattwinkel zwei hinter einander liegende Zweige, von denen der äussere häufig kleiner, zuweilen aber auch grösser ist.

Die Quirlzweige zeigen gewöhnlich schwächere oder stärkere Drehung, die jedoch die Stellungsverhältnisse ihrer Blätter nicht beeinträchtigt, da dieselben durch den Verlauf der Kanten und Furchen deutlich sind. In der Regel ist die eine Hälfte der Zweige eines Quirls rechts-, die andere links-gedreht; und eine senkrechte Ebene scheidet die homodromen und die antidromen Zweige eines Sprosses. Diese Ebene trifft mit der Krümmungsebene des nach der Lichtseite herabhängenden Astes zusammen. In den von mir untersuchten Fällen zeigten die Zweige, wenn sie in ihrer natürlichen hängenden Lage von der Lichtseite betrachtet wurden, an der rechten Hälfte des Astes Linksdrehung, an der linken aber Rechtsdrehung.

Der Fibrovasalstrang, welcher in ein Blatt ausgeht, spaltet sich, indem er durch 2 Internodien herabsteigt, höher oder tiefer in zwei Schenkel, welche den

Digitized by Google

Strang des senkrecht untern Blattes zwischen sich fassen, noch durch 1 oder 2 Stengelglieder hinziehen, und sich an andere Stränge ansetzen, oder sich in dem Fibrovasalring verlieren (Fig. 8). In den jüngsten Zuständen kann ein Strang nur sehr selten durch 5 oder sogar 6 Internodien verfolgt werden. Das 5. bis 8. gefässführende Stengelglied (von oben gerechnet) zeigt einen mehr oder weniger vollständig geschlossenen Fibrovasalring.

Die gabelige Theilung der Stränge ist auch hier eine secundäre Erscheinung. Ursprünglich ist die Blattspur immer einfach. Sie bleibt es oft ziemlich lange (Fig. 6), und zeigt dann zuletzt zwei Schenkel von ungleicher Stärke. Zuweilen tritt die Spaltung selbst gar nicht ein. Wenn gleichzählige Quirle auf einander folgen und die Anordnung der Blätter in senkrechte Zeilen möglichst regelmässig ist, so biegen die Stränge des nämlichen Quirls am zweituntern Knoten heterodrom aus (Fig. 8, v, x, y, z), gewöhnlich die der einen Hälfte nach rechts, die der andern nach links. Die auf einander folgenden Quirle zeigen ein übereinstimmendes Verhalten, so dass es für den ganzen Zweig eine senkrechte Ebene giebt, welche die rechts und links ausbiegenden Spurstränge scheidet. Die derselben zunächst liegenden Stränge verhalten sich am wenigsten constant. Ob diese Ebene mit derjenigen, welche die rechts und links gedrehten Zweige trennt, zusammenfällt, weiss ich nicht. — Bei gleichzähligen Quirlen findet man daher immer wenigstens einen Zwischenraum zwischen den Spursträngen eines Knotens leer, während in einem andern 2 Stränge vom zweitobern Quirl liegen. Es ist diess wieder ein deutlicher Fall, wo die Anordnung der Spurstränge und diejenige der Blätter nicht übereinstimmen.

Wenn ungleichzählige Quirle auf einander folgen, und somit die Blätter des dritten nicht vertical über denen des ersten stehen, so ist dadurch meistens die Art des Ausbiegens der Spurstränge gegeben, indem dieselben wo möglich einen der senkrechten Richtung nahe kommenden Lauf anzunehmen bestrebt sind. Indessen giebt es selbst von dieser Regel Ausnahmen, und es kommt vor, dass ein Spurstrang statt bei einem seitlich abliegenden untern Strang vertical vorbeizugehen, über denselben hinweggreifend, ausbiegt; wodurch eine noch auffallendere Verschiedenheit zwischen Blattstellung und Stranganordnung hervorgebracht wird. Diess ist z. B. in Fig. 6 der Fall, wo die Blätter d und e näher beisammen standen als i und k; dennoch convergiren die Stränge i und k und kommen zwischen d und e zu liegen.

Aus dem Axillarzweig treten zunächst 2 Stränge (die der Vorblätter) in den Hauptspross ein, welche meistens schon im obersten Theil des Internodiums sich an den Spurstrang des Tragblattes ansetzen (Fig. 6, e, c). Zuweilen kann man den einen oder den andern noch weiter, selbst mehr als ein Stengelglied herablaufen sehen.

Digitized by Google

17. Blätter gegenständig. Spuren 3 oder 4strängig, mit denen des erstuntern Paars vom zweituntern Knoten an vereintläufig (nicht verschränkt).

Antirrhinum majus Lin. (XIII, 1 — 3).

Keimpflänzchen. Auf die Cotyledonen folgen rechtwinklig sich kreuzende Blattpaare, die schon in der Knospe diese regelmässige Stellung zeigen. — Die beiden Stränge eines Samenlappens (Fig. 1, I, II) weichen im Stengelchen aus einander, und vereinigen sich paarweise mit denen des andern (III, IV). Die 3 Stränge eines Primordialblattes (ABC, DEF) gehen durch ihr Internodium hinab, und treten in die Gabel der Cotyledonarstränge ein, mit denen sie verschmelzen. Alle folgenden Blätter erhalten ebenfalls 3 Stränge (GHI, KLM, NOP, QRS etc.), welche nach oben am Grunde des Blattstieles sich vereinigen, nach unten aber getrennt durch 2 Internodien hinabsteigen, und sich im zweiten Knoten rechts und links an die Lateralstränge des nächstuntern Paares ansetzen. Die beiden Medianstränge eines Blattpaars gehen immer eigenläufig den ganzen Weg, und biegen dann symmetrisch-convergirend aus (K und G, N und Q, T und X, a und d, g und k, n und q, t und x). Sie setzen sich daher an die beiden Seitenstränge des gleichen Blattes an (z. B. t und x an o und p).

Das Ausbiegen der Medianstränge aller in eine senkrechte Zeile gestellten Blattspuren findet abwechselnd nach beiden Seiten statt. Wenn diejenigen der über einander stehenden Blätter vom 1., 5., 9. Paar rechts abweichen (X und x), so wenden sich die vom 3., 7., 11. links (G und g). Eben so sind die Medianstränge der über einander stehenden Blätter vom 2., 6., 10. Knoten homodrom und mit denen vom 4., 8., 12. antidrom. An der Ausbiegungsstelle kann sich später ein zweiter Schenkel bilden, der sich nach der entgegengesetzten Seite hin wendet.

Die Lateralstränge sind immer durch ein Internodium eigenläufig und von da an mit der Spur eines Blattes vom nächstobern Paar vereintläufig. — Der Querschnitt durch ein Stengelglied unter der Terminalknospe zeigt oft eine sehr regelmässige Anordnung von 12 Strängen. Zwei gegenüberstehende Gruppen von je 3 stärkern Strängen gehören dem eigenen Blattpaar, 2 damit alternirende ebenfalls 3zählige, aber schwächere Gruppen dem nächsten Blattpaar an (Fig. 2).

Ein Keimpflänzchen (Fig. 3) bildete 3 Cotyledonen, damit alternirend einen 3zähligen Quirl von Blättern, dann noch einmal gedreite Blätter in senkrechter Lage über den Cotyledonen, und später fortwährend gepaarte Blätter. Die Cotyledonarstränge (a, b, c) vereinigten sich nach unten zunächst zu 3 mit den Samenlappen alternirenden Strängen. Die Blattspuren der Primordialblätter waren 1strängig (d, e, f), und setzten sich in den Gabeln der Cotyledonarstränge an. Von den Spuren des zweiten 3zähligen Quirls war die erste 2strängig (h), indem sich der eine Lateralstrang nicht losgetrennt hatte, die zweite (i) unvollständig-,

Digitized by Google

und nur die dritte (g) vollständig-3strängig. Jede vereinigte sich im zweiten Internodium in einen Strang, welcher, über den Cotyledonen anlangend, sich gabelig spaltete, um deren Spuren zwischen sich zu fassen. — Die Blätter des ersten Paars waren nicht diametral gegenüber, sondern etwas genähert, in der Weise, dass die 3 Stränge eines jeden Blattes (k und l) in den unter ihnen befindlichen Zwischenraum zwischen 2 Spuren eintraten, und sich daselbst je zu einem Strang vereinigten; der eine davon spaltete sich abwärts ebenfalls gabelig. Auch die Stränge des zweiten Paars (m und n) verhielten sich noch in der angegebenen Weise. Erst die des dritten und der folgenden Blattpaare zeigten den normalen Verlauf. — Die abweichende Anordnung der Spuren bei diesem Pflänzchen zeichnet sich dadurch aus, dass ihre Stränge mehr verschmolzen sind. Es hängt diess offenbar mit der gedrängtern Stellung der Blätter, und mit der geringern Weite der Spuren selber zusammen, so sehr, dass dadurch selbst der Grad der Vereinigung bedingt wird.

Aus der Axillarknospe treten 2 Stränge in den Stengel ein, welche sich oben im Internodium an die beiden lateralen Spurstränge des Tragblattes anlegen.

Ruellia maculata Wall.

Laubzweige. In jedes Blatt treten 3 genäherte Stränge ein, welche sich im Blattstiel bald zu einem einzigen vereinigen. Sie gehen nebenläufig durch 2 Internodien. Der mittlere spaltet sich in 2 aus einander weichende Schenkel, welche mit den lateralen Strängen verschmelzen. Die Blattspur ist somit 2strängig geworden; sie fasst spreizend die Spur des senkrecht-untern Blattes zwischen sich. — Von den 3 Strängen einer Spur wird der mittlere zuerst angelegt. In dem jüngsten Stadium, wenn er erst ein oder zwei Gefässe enthält, ist er noch einfach, und biegt mit dem andern Medianstrang des gleichen Blattpaars symmetrisch-convergirend aus.

Aus jeder Axillarknospe treten zuerst 2 Stränge in den Stengel ein, welche meistens, rechts und links von der Spur des Tragblattes, noch durch ein Internodium verfolgt werden können.

Goldfussia glomerata Nees. scheint sich gleich zu verhalten wie die eben genannte Pflanze.

Bignonia serratifolia Vahl. (XII, 7, 8).

Laubsprosse. Die successiven Blattpaare alterniren nicht rechtwinklig; sondern es findet immer eine geringe Abweichung und zwar am nämlichen Spross nach der gleichen Richtung hin statt, so dass alle Blätter in 4 schiefen Zeilen stehen, welche rechts- oder linkswendige Spiralen darstellen. Auch die beiden Blätter des gleichen Paars sind häufig nicht genau diametral gegenüber. Diese Stellungsverhältnisse lassen sich an der Stammspitze am deutlichsten erkennen.

Digitized by Google

In jedes Blatt geht eine Fibrovasalmasse, welche in der Basis des Blattstiels als ein nach dem Stengel geöffneter Ring oder Kreis von Strängen erscheint (Fig. 7, e, f). Im Stengelknoten bildet diese Masse meist 3 deutlich geschiedene Stränge, löst sich aber häufig im Verlauf durch das erste Internodium in eine Reihe von Strängen auf, oder schmilzt auch zu einem einzigen breiten Strang zusammen. Diese 1- oder mehrsträngige Fibrovasalmasse theilt sich schon im obern Theil des zweiten Internodiums in 2 Massen (Fig. 8, e, f), wobei der Medianstrang selber, wenn ein solcher unterscheidbar ist, sich spaltet. Die beiden Massen weichen nach unten aus einander, und fassen die ganze Spur des untern Blattes zwischen sich. Oben im dritten Stengelglied liegen sie dann in dem ziemlich engen Raum zwischen der genannten (zweituntern) und der sich bereits spaltenden erstuntern Spur, mit welcher sie in der Mitte des Internodiums oder etwas tiefer verschmelzen.

Von der ganzen Blattspur bildet sich zuerst das mediane Gefäss, welches, entsprechend der Blattstellung, mit demjenigen des andern Blattes vom gleichen Paar am zweituntern Knoten gleichwendig ausbiegt (Fig. 7, i, k). — Im 5. gefässführenden Glied unter der Stengelspitze ist der Fibrovasalring geschlossen.

Tecoma radicans Juss. (XII, 6).

Laubsprosse. Die Blätter eines Paars stehen in der Terminalknospe ziemlich genau diametral, und die Blattpaare scheinen rechtwinklig zu alterniren. Wenn die Blattspuren eines Paares erst aus einem einzigen Gefäss bestehen, so biegen sie neben den Spuren des zweituntern Knotens bald gleichwendig, bald symmetrisch-convergirend (Fig. 6, i und k) aus. Beides wurde je zweimal gesehen. Sie verlaufen schon von der Blattbasis aus schief nach unten. Bald darauf bildet sich ein zweites Gefäss, welches nach der entgegengesetzten Seite schief abwärts geht (g und h). Man hat nun einen zweischenkeligen Medianstrang, oder vielmehr, da die Trennung bereits an der Ursprungsstelle beginnt, 2 Stränge. Nachher tritt jederseits noch einer auf, so dass die Blattspur jetzt 4 strängig ist (e, f, d); im untern Theil des erstuntern Internodiums (f), zuweilen auch schon höher (e), wird sie, durch Verschmelzung je eines mittlern und seitlichen Stranges, 2 strängig, fasst die senkrecht untere Blattspur (a und b) zwischen sich, und vereinigt sich meist in der untern Hälfte des zweiten Gliedes mit der Spur des erstuntern Paars.

Die 4 Stränge sind nur in den frühsten Stadien deutlich. Durch Verbreiterung derselben und durch Zwischenlagerung von Verbindungssträngen tritt bald eine mehr oder weniger vollständige Verschmelzung ein (c, a, b). — Im Knoten vereinigen sich die 4 Stränge einer Blattspur zu 3 (f) und gehen dann im Grunde des Blattstieles wieder in 5 aus einander.

Digitized by Google

18. Blätter gegenständig. Spuren 2strängig, nicht verschränkt.

Stachys angustifolia Biebrst. (XV, 3—5).

Laubsprosse. Die Blätter sind auch in der Terminalknospe diametral gegenüber, und die Blattpaare rechtwinklig-alternirend. Die Seiten des vierkantigen Stengels entsprechen den Blättern, die Kanten ihren Rändern. — 2 Stränge, die im Blattstiel zu einem einzigen sich vereinigen, weichen im Stengel sogleich aus einander, und gehen innerhalb der Kanten, welche rechts und links von dem Blatte liegen, durch 2 Internodien hinab (Fig. 5, a, b, c, d, e, f, g, h). Die Blattspur nimmt beinahe den 4. Theil des Umfanges ein. Am zweituntern Knoten vereinigen sich ihre Stränge mit denjenigen der erstuntern Spur, nachdem sie durch ein Internodium unmittelbar neben denselben hingezogen sind. Der Querschnitt unter der Stammspitze zeigt daher immer 8 Stränge, die paarweise genähert unter den Ecken liegen (Fig. 3). Die beiden, welche zusammen ein Paar bilden, sind ungleich stark; der stärkere gehört dem nächsten (d, c), der schwächere dem folgenden Blattpaar (e, f) an.

Bald vereinigen sich die beiden Stränge eines Paars, indem zwischen denselben Gefässe auftreten. Der Querschnitt zeigt nunmehr 4 Stränge; später vereinigen sich auch diese zu einem geschlossenen Fibrovasalring. Dieser Prozess geschieht zuweilen regelmässig in der Art, dass mitten an der Seite ein Gefäss oder ein kleiner Strang sichtbar wird, und dass dann zwischen demselben und den Ecken wieder je ein Gefäss auftritt. In andern Fällen entstehen die zwischenliegenden Gefässpartien in unregelmässiger Folge. — Wie die Fibrovasalbildung verhält sich auch die des Cambiums. Zuerst ist dasselbe nur in den Ecken, nachher stellenweise auch an den Seiten sichtbar, und zuletzt ist ein vollständiger Cambiumring vorhanden.

Satureia variegata Host.

Laubsprosse. Die Anordnung der Stränge verhält sich wie bei Stachys, nur mit der Ausnahme, dass die Spuren durch 3 Internodien hinabgehen, bis sie sich am drittuntern Knoten an diejenigen des erstuntern Paares ansetzen. Dessnahen sieht man auf dem Querschnitt unterhalb der Stengelspitze zuweilen 12 Stränge, welche je zu 3 etwas genähert sind. Von einer solchen Gruppe gehört der eine seitliche dem nächsten, der andere seitliche dem zweitnächsten und der mittlere dem drittnächsten Blattpaar an. — Der Fibrovasalring bildet sich auch hier dadurch, dass zuerst die Stränge in den Ecken sich vereinigen, und dass dann ebenfalls an den Seiten Gefässe erscheinen.

Aus der Axillarknospe treten 2 Stränge in den Stengel ein, welche sich im obersten Theile des Internodiums bald an die Stränge des Tragblattes, bald an diejenigen, die vom 2. obern Paar kommen, ansetzen.

Digitized by Google

Anagallis arvensis Lin. (XIII, 4—7).

Laubsprosse. An dem entwickelten Spross sind die Blätter opponirt, oder in 3-, seltner 4 zähligen Quirlen. Paare und Quirle alterniren ziemlich regelmässig. — In der Terminalknospe stehen die Blattanlagen oft genau spiralig. Oft auch zeigen sie eine zwischen der Spiral- und Quirlstellung mittlere Anordnung, was die Abstände betrifft, während ihre Grösse wie in einer ununterbrochenen Schraube stetig zunimmt. Ich fand die Divergenzen in einigen Terminalknospen im Mittel zu 144^0, in einigen andern betrugen sie blos 140^0. — Verfolgt man die Entwicklung von dem Knospenzustande an, so ist die Verwandlung der Spiral- in die Quirlstellung überaus deutlich. Sie geschieht dadurch, dass erstens einzelne Internodien sich in die Länge strecken, während die übrigen verkürzt bleiben, und dass zweitens die Horizontalabstände zwischen den beisammen bleibenden Blättern sich ausgleichen. Indess ist die ursprüngliche Spiralstellung auch im ausgebildeten Zustande immer noch durch die Deckung der Quirlblätter und durch ihre ungleich hohe Insertion (welche man bei der microscopischen Untersuchung von successiven Querschnitten deutlich wahrnimmt) erkennbar.

Die Stengeltheile mit opponirten Blättern sind 4 kantig, wobei die Kanten sich ziemlich regelmässig von Glied zu Glied fortsetzen. Bei gedreiten Blättern sind die Internodien 6- oder 5 kantig. Im erstern Fall wechseln breitere flache mit schmälern rinnenförmigen Seiten (Fig. 4). Im zweiten mangelt die rinnenförmige Seite zwischen dem ersten und dritten Blatt des Quirls (Fig. 6, 7); sie fand keinen Raum, sich auszubilden.

Jedes Blatt hat eine 2 strängige Spur (Fig. 5, ab, cd; 6, ab, cd, ef). Die beiden Stränge neigen sich beim Eintritt in die Blattbasis zusammen, und vereinigen sich zum Mittelnerven, indem sie sogleich rechts und links Zweige abgeben. Nach unten weichen die Spurstränge aus einander; bei opponirter Blattstellung gehen sie innerhalb der Stengelkanten durch 2 Internodien abwärts. Man findet daher auf dem Querschnitt unter der Terminalknospe 8 Stränge paarweise genähert wie bei Stachys (Fig. 5).

Bei 3 zähligen Quirlen und 6 kantigen Internodien beobachtet man zuweilen einen ähnlichen Verlauf und 6 Strangpaare auf dem Querschnitt, die später durch Vereinigung zu 6 Strängen werden (Fig. 4). Da indess eine Stengelseite gewöhnlich mehr oder weniger verkümmert ist, und die Internodien 5 kantig sind, so treten 2 Paare zusammen, und bilden durch Vereinigung 3 Stränge (Fig. 6, l, ma, b), von denen einerseits die beiden seitlichen (l, b), anderseits der mittlere (ma), je dem nächsten und zweitnächsten Quirl angehören. Statt 12, hat man somit 11 Stränge (Fig. 6). Bald verschmelzen jedoch die genäherten Stränge mit einander, so dass der Querschnitt schon nahe unter der Stammspitze in dem 5 kantigen Internodium blos 5 Stränge zeigt, je einen innerhalb einer Ecke (Fig. 7). Von diesen 5 Strängen zweigen sich 6 (ab, cd, ef) in den 3 zähligen Blattquirl ab, indem derjenige zwischen dem Anfangs- und Endblatt (bf) 2 Aeste abgiebt. — Auch

Digitized by Google

in den 4 kantigen Stengelinternodien tritt die Vereinigung der 4 Paare zu 4 Strängen frühe ein, wiewohl im Ganzen etwas später als in den 5- und 6 kantigen.

Ich bemerke blos noch, dass die Verschmelzungen auf dem nämlichen Querschnitt nicht vollkommen gleichzeitig sind, und dass in ihrer Reihenfolge deutlich eine Beziehung zur Spiralstellung und zu den davon herrührenden ungleichen Abständen beobachtet wird, — sowie ferner, dass dieser Einfluss der Spiralstellung auf die Anordnung und die Vereinigung der Spurstränge namentlich auch dort sichtbar wird, wo die eine Quirlstellung in die andere übergeht, z. B. die opponirte in die gedreite. — In dem ausgebildeten Stengelglied sind die Fibrovasalstränge immer noch getrennt, indem je einer innerhalb einer Kante liegt.

Aus dem axillären Blüthenstiel, dessen Basis mit dem Tragblatt verwachsen ist, treten 2 Stränge in den Stengel ein, welche sich sogleich an die beiden aus einander weichenden Spurstränge des Tragblattes anlegen.

19. Blätter gegenständig. Spuren 3strängig; die Lateralstränge mit denen des nächsten Paares verschränkt.

Ich vereinige hier mehrere Typen, die in den angegebenen allgemeinen Merkmalen übereinstimmen, sich aber namentlich durch den ungleich langen Verlauf der Spuren unterscheiden. Die Medianstränge setzen sich bald im erstuntern, bald im zweituntern Knoten, bald noch tiefer an. Die Lateralstränge gehen ebenfalls durch 1, 2 oder mehrere Stengelglieder.

Clematis Viticella Lin. und C. Vitalba Lin. (XIV, 1—5).

Laubtriebe. Die Blätter sind auch in der Terminalknospe diametral-opponirt und die Blattpaare rechtwinklig-alternirend. Die 6 Kanten der Internodien, von denen 2 gegenüber liegende etwas stärker vortreten und den Blattmedianen entsprechen, wechseln regelmässig ab. — Die 3strängige Blattspur (Fig. 1 — 5, abc, def, ghi, klm, nop, qrs, tuv, xyz) hat ungefähr eine Weite von 115°.

Der Medianstrang geht durch ein Stengelglied, theilt sich im nächsten Knoten in zwei Schenkel, und setzt sich an die Lateralstränge des dortigen Blattpaares an (Fig. 1, g, k, n, q; Fig. 2, g, k, n, q, t, x; Fig. 3, g, k, n, q). Anfänglich ist immer nur ein Schenkel vorhanden, und die beiden Medianstränge des nämlichen Paares biegen (nach 2 Beobachtungen) symmetrisch-convergirend aus (Fig. 1, n, t; 2, α, β). Die Bildung des zweiten Schenkels tritt bei C. Viticella zuweilen erst ziemlich später ein, oder kann auch selbst ganz ausbleiben.

Die beiden Lateralstränge eines Blattes verlaufen ebenfalls durch ein Internodium, biegen am nächsten Knoten convergirend aus, und legen sich an die nämlichen Lateralstränge des letztern an, mit denen sich die Schenkel des Medianstrangs vereinigen (Fig. 1, h, i, l, m, o, p, r, s; 2, h, i, l, m, o, p, r, s, u, v, y, z). —

Digitized by Google

Bei Clematis Viticella ist damit die Spur eines Blattes gewöhnlich fertig; bei C. Vitalba bildet sich meistens auch an der Ausbiegungsstelle der Lateralstränge ein zweiter Schenkel, welcher nach der entgegengesetzten Seite ausbiegt und mit einem Medianstrang jenes Knotens verschmilzt (Fig. 3, h, i, l, m, o, p, r, s).

Der Querschnitt durch das Stengelinternodium zeigt daher 6 Stränge, welche die Spur des nächsten Blattpaares darstellen, und von denen 2 gegenüberliegende deren Medianstränge, die übrigen aber Lateralstränge sind (Fig. 4). Auch in weiter entwickelten Zweigen finden sich zuweilen nicht mehr als die 6 genannten Stränge, je 1 innerhalb einer Kante. Häufig aber treten, alternirend mit denselben, kleinere Stränge auf, deren Ursprung nicht weiter verfolgt wurde.

Die Axillaräste haben auch in ihrem Basilarinternodium 6 Stränge, die sich beim Eintritt in den Stengel in 2 vereinigen (Fig. 5, rr und ss). Diese 2 setzen sich sogleich rechts und links an den Medianstrang des Tragblattes an (an a und d).

Das Stengelglied, welches dem terminalen Blüthenstiel vorausgeht, zeigt häufig nur 5 Stränge, indem von den 6 Strängen des obersten Blattpaares 2 seitliche sich sogleich mit einander vereinigen. Diese Anordnung möchte wohl darauf hindeuten, dass die beiden obersten Blätter nicht diametral gegenüber stehen. — Von den 4 Kelchblättern erhalten zuerst diejenigen je einen Strang, welche mit dem vorausgehenden Blattpaar alterniren. Später hat der Blüthenstiel 6 Stränge.

Urtica Dodartii Lin. (XV, 1, 2).

Keimpflänzchen. Die 2strängige Spur eines jeden Samenlappens wird durch Verschmelzen im Cauliculus bald 1strängig. — Die 3 Stränge, die in jedes der Primordial- oder ersten Laubblätter gehen (Fig. 1, abc, def), steigen mit einer Spurweite von 115 — 120° durch ihr Internodium in das Stengelchen hinab, wo sie convergiren und in einen Strang verschmelzen. Der Querschnitt unter den Cotyledonen zeigt daher 4 Stränge, von denen jeder die vereintläufige Spur eines Blattes darstellt: 2 gegenüberstehende, die der Samenlappen (Fig. 1, A, B), und die beiden andern die der Primordialblätter (C, D). Statt des einfachen Stranges der letztern sieht man etwas höher 3 genäherte Stränge.

Die Spur des zweiten Laubblattpaares (des ersten über den Primordialblättern) steigt durch 2 Internodien herab (Fig. 1, ghi, klm); im ersten beträgt ihre Weite etwa 115°, im zweiten 145 — 155°. Der Medianstrang (g, k) spaltet sich über dem Cotyledonarknoten in 2 Schenkel, die mit den Lateralsträngen der Primordialblätter sich vereinigen. Die Lateralstränge (hi, lm) gehen ebenfalls durch 2 Glieder; sie liegen im zweiten dicht neben dem Medianstrang der Primordialblätter, mit welchem sie über dem Cotyledonarknoten verschmelzen. Der Querschnitt durch das Glied über den Samenlappen zeigt 4 Gruppen von je 3 Strängen. Zwei gegenüberliegende Gruppen mit weiter entfernten Strängen werden durch den medianen des zweiten Laubblattpaars und die lateralen des ersten gebildet (Fig. 1, fgb, cke); die 2 andern mit mehr genäherten Strängen bestehen aus dem medianen des ersten und den lateralen des zweiten Laubblattpaars (ial, mdh). Im

Digitized by Google

Grunde des Gliedes befinden sich, in Folge Verschmelzung der Gruppen, blos 4 Stränge.

Die Spuren aller folgenden Paare (Fig. 1, nop, qrs, tuv, xyz) verhalten sich wie diejenigen des zweiten. Im eigenen Internodium haben sie eine Weite von 115 — 120°, im erstuntern von 150 — 155°. Der Medianstrang (n, q, t, x, α, β) theilt sich im zweituntern Knoten in 2 Schenkel, die sich rechts und links an die lateralen des erstuntern Paars anlegen. Die seitlichen Stränge (op, rs, uv, yz) vereinigen sich in dem nämlichen Knoten mit den Medians trängen des erstuntern Paars. Die 3 zähligen Stranggruppen, deren jedes Stengelglied 4 aufweist (Fig. 2), verwandeln sich durch Vereinigung in ebenso viele Stränge.

Aus der Axillarknospe der Cotyledonen treten 2 Stränge in den Knoten ein, welche sich sogleich rechts und links an die Spuren der Primordialblätter ansetzen (Fig. 1, A', B'). Auch aus den Axillarknospen der folgenden Blätter kommen je 2 Stränge, welche sich an die Lateralstränge der nächstobern Spur anlegen (Fig. 1, a', d', g', k').

Lonicera Spec.) (XV, 6, 7).*

Laubsprosse. Die Blätter sind auch in der Terminalknospe ziemlich diametral-gegenüber, und die Blattpaare rechtwinklig-alternirend. Der Medianstrang einer Spur (Fig. 6, a, d, g, k, n, q, t, x) geht durch 2 Internodien und spaltet sich am zweiten Knoten in 2 Schenkel, die sich sogleich an seitliche Stränge der nächstuntern Spur ansetzen. Anfänglich mangelt der eine Schenkel, und dann biegen die Medianstränge gleichwendig aus (α, β). — Die beiden Lateralstränge einer Blattspur (Fig. 6, bc, ef, hi, lm, op, rs, uv, yz) gehen ebenfalls gerade durch 2 Internodien, indem sie sich am erstuntern Knoten mit den Lateralsträngen desselben verschränken; am zweiten Knoten, wo sie auf diejenigen des senkrechtuntern Blattes treffen, biegen sie divergirend aus, und gehen noch durch ein Stengelglied neben denselben abwärts, um sich am dritten Knoten an sie anzulegen (gemeinsam mit einem Schenkel des Medianstrangs vom erstuntern Knoten).

Bei vollkommen regelmässigem Verlauf sieht man auf Querschnitten unter der Terminalknospe 16 Stränge, unter denen die 6 stärksten (Fig. 7, ghi, klm) am nächsten Knoten, 6 damit alternirende etwas schwächere (nop, qrs) am zweitnächsten, und 4 noch schwächere (uv, yz), die paarweise zwischen den Spuren des ersten Blattpaares liegen und den Medianstrang des zweiten zwischen sich haben, am drittnächsten Knoten austreten. — Später vereinigen sich die Blattspuren zu einem Holzring.

Acer Pseudoplatanus Lin. (XVI, 6, 7).

Laubsprosse. Auch in der Terminalknospe sind die Blätter diametral opponirt, und alterniren die Blattpaare rechtwinklig. Von der 3 strängigen Spur (Fig. 7, abc, def, ghi, klm, nop, qrs, tuv, xyz) geht der Medianstrang (n, q, t, x)

*) Lonicera atrosanguinea Hort. im botanischen Garten von Zürich.

Digitized by Google

gerade durch 2 Stengelglieder und spaltet sich in 2 Schenkel, welche neben dem Medianstrang des zweituntern Paares noch durch 2 Internodien verfolgt werden können. Die Lateralstränge einer Spur (hi, ml, op, rs) verschränken sich mit denen des erstuntern Knotens, und biegen am zweiten Knoten über der Spur des senkrecht-untern Blattes bald divergirend, bald auch convergirend aus, worauf sie noch wenigstens durch ein Internodium getrennt herablaufen.

Der Querschnitt durch das 4. oder 5. gefässführende Stengelglied (von der Spitze an gezählt) zeigt bereits 20 bis 26 Stränge (Fig. 6), welche im folgenden Internodium sich schon zu einem Ring zu vereinigen anfangen.

Philadelphus coronarius Lin.

Laubsprosse. Die spätere Blattstellung findet sich ziemlich unverändert in der Terminalknospe. Die Medianstränge setzen sich im zweiten Knoten an. Dasselbe geschieht auch mit den Lateralsträngen. Daher sieht man auf Querschnitten unterhalb der Terminalknospe ziemlich regelmässig 12 Stränge, 6 stärkere für das nächste Blattpaar, und 6 damit alternirende schwächere für das zweitnächste Paar.

Tagetes lucida Cav.

Laubsprosse. In der Terminalknospe sind die beiden Blätter eines Paars einseitig-genähert, und die Paare alterniren nicht rechtwinklig. An der entwickelten Pflanze dagegen ist die decussirte Stellung ziemlich regelmässig. — Die Weite der 3strängigen Spur beträgt ziemlich genau 120°. Die beiden Medianstränge eines Blattpaars biegen am zweiten Knoten gleichwendig aus, und gehen noch durch 1 oder 2 Internodien weiter, ehe sie sich anlegen. Selten bildet sich an der Ausbiegungsstelle ein zweiter Schenkel, welcher in gleicher Weise hinabsteigt. Die Lateralstränge verschränken sich mit denen des nächstuntern Knotens, und gehen ebenfalls durch 3 oder 4 Internodien, bis sie sich ansetzen.

Die Vereinigungen der mittlern und der seitlichen Spurstränge finden ziemlich unregelmässig und bald im Knoten bald im Internodium statt. Der Querschnitt des 6kantigen Stengels zeigt meistens 20 oder 21 Stränge, von denen 6 stärkere den Ecken entsprechen und für das nächste Blattpaar bestimmt sind. Zwischen dem medianen und einem lateralen Strang befinden sich 2 oder 3 schwächere. In den beiden Zwischenräumen zwischen der einen und andern Blattspur liegt gewöhnlich ein stärkerer und ein schwächerer Strang. Der erstere ist der mediane für ein Blatt des zweitnächsten Paars; er liegt im nämlichen Spross constant auf der nämlichen Seite des schwächern.

Tagetes signata Bartl. (XVII, 1, 2).

Laubsprosse. Die decussirte Stellung ist in der Terminalknospe deutlicher als bei der vorhergehenden Art. Die Anordnung der Stränge ist in Folge dessen

Digitized by Google

etwas regelmässiger (Fig. 1). Die Medianstränge eines Blattpaars biegen am zweituntern Knoten gewöhnlich symmetrisch-convergirend aus (Fig. 1, nq, tx), und werden meistens durch Bildung eines zweiten Schenkels bald gabelig. Die beiden Schenkel setzen sich in der Regel sogleich an die Lateralstränge der untern Spur an; sie können indess auch dicht neben denselben noch durch ein Internodium hinabsteigen. Die Vereinigung mit denselben erfolgt dann später.

Die Lateralstränge (Fig. 1, hi, ml, op, rs, uv, yz) verschränken sich am erstuntern Knoten mit den seinigen und verhalten sich dann wie die medianen. Sie biegen nämlich am zweiten Knoten aus, worauf in der Regel sich ein zweiter Schenkel nach der andern Seite hin bildet. Die beiden Gabeläste setzen sich entweder an die nächstliegenden Stränge an (der eine an einen medianen, der andere an einen lateralen der erstuntern Spur), oder sie verlaufen anfänglich dicht neben denselben, um nachher mit ihnen zu verschmelzen.

Der Querschnitt in einer gewissen Entfernung unter der Terminalknospe zeigt regelmässig 12 Stränge, 6 für das nächste, 6 damit alternirende für das zweitnächste und die folgenden Paare. Statt eines der letztern kann auch eine Gruppe von 2 oder 3 kleinern noch nicht verschmolzenen Strängen vorhanden sein. Höher aufwärts ist nur die Zahl und Stellung der Gruppen constant (Fig. 2), nicht aber die der einzelnen Stränge, weil diese höher oder tiefer, sowohl in den Knoten als in den Internodien mit einander verschmelzen können.

Humulus Lupulus Lin. (XVI, 2—5).

Laubtriebe. Auch in der Terminalknospe sind die Blätter diametral-gestellt und die Paare rechtwinklig-alternirend. Die Kanten des 6eckigen Stengels alterniren an den successiven Internodien regelmässig; 2 gegenüberstehende, die einem etwas grösseren Durchmesser entsprechen, steigen von den Blättern herunter. Die 3 strängige Blattspur hat im ersten und zweiten Glied eine mittlere Weite von 109° (Fig. 4, abc, def, ghi, klm). Die Stränge gehen durch 3 bis 5 Internodien, bis sie sich mit untern vereinigen. Unter der Terminalknospe findet man daher 19 bis 30 Stränge auf einem Querschnitt, die den Umfang eines Sechseckes darstellen. Die an den Ecken befindlichen gehen in das nächste Blattpaar aus.

Die Entstehungsfolge der Fibrovasalstränge zeigt eine merkwürdige Eigenthümlichkeit. Während sonst in der Regel zuerst der Medianstrang sichtbar wird, so treten hier zuerst die beiden lateralen auf (Fig. 3, bc, ef). Dieselben gehen in die Nebenblätter. Man kann diess sowohl auf Längs- als auf Querschnitten beobachten. Es bilden sich selbst die Lateralstränge eines obern Blattpaars, ehe die Medianstränge des nächstuntern vorhanden sind. Die obersten Querschnitte zeigen daher meist 4 einzelne Stränge (Fig. 3), die folgenden oft 4 Paare von Strängen, welche 4 Stengelecken entsprechen (Fig. 2); es sind diess laterale. In einem etwas weiter entwickelten Stadium sind 2 einzelne (mediane) in den beiden andern Ecken hinzugekommen.

Die Lateralstränge stellen die Mittelnerven der Nebenblätter dar. An dieselben setzen sich im Knoten rechts und links Verbindungsstränge an, von denen

Digitized by Google

der eine mit dem medianen des gleichen Blattes, der andere mit dem lateralen des andern Blattes anastomosirt. Aus diesem Fibrovasalbogen gehen in regelmässiger Folge die seitlichen Nerven der Nebenblätter ab, und zwar in der Weise, dass der Bogen selber als Sympodium von ausbiegenden Strängen angelegt wird (Fig. 5).

Centranthus ruber DC. (XVI, 1).

Laubsprosse. Die regelmässig decussirte Stellung wird schon an den Blattanlagen beobachtet. Die Weite der 3 strängigen Blattspur beträgt im ersten Internodium durchschnittlich 110°, im zweiten 120°. Die 6 Stränge eines Knotens gehen durch 2 Stengelglieder, indem sich die seitlichen mit denen des nächsten Knotens verschränken. Sie theilen sich am zweiten Knoten in 2 Schenkel, welche den entsprechenden Strang des senkrecht-untern Blattes zwischen sich fassen, noch getrennt durch ein Glied gehen, und am dritten Knoten sich an den Ursprung der Gabeläste von der erstuntern Spur ansetzen (die Schenkel des medianen Strangs an laterale, die der lateralen Stränge je an einen medianen und einen lateralen, Fig. 1).

Der Querschnitt durch das 3., 4. oder 5. sammt den folgenden gefässführenden Internodien, von oben gezählt, zeigt 24 Stränge, von denen 6 der eigenen, 6 damit abwechselnde der erstobern Blattspur angehören, und 12, die mit den genannten 12 alterniren, die Schenkel der zweitobern Spur darstellen. Von den 24 Strängen können einzelne mit einander verschmelzen, wodurch ihre Zahl vermindert wird.

Aesculus macrostachya Michx. (XVII, 5).

Laubtriebe. Die regelmässig decussirte Blattstellung ist schon in der Knospe vorhanden. Die 3 Stränge einer Spur (Fig. 5, abc, def, ghi, klm, nop, qrs) gehen wenigstens durch 3 Stengelglieder, ohne sich an untere anzulegen. Die seitlichen (hi, lm) kreuzen sich mit denen der nächstuntern Spur. Die beiden Medianstränge eines Blattpaars biegen am zweituntern Knoten symmetrisch-convergirend aus (n, q). Dieselben werden etwas früher angelegt, als die lateralen. Querschnitte durch die 3 oder 4 obersten gefässführenden Internodien zeigen 6, 12, 18 oder 2, 8, 14, 20 Stränge. Weiter nach unten beginnt schon die Vereinigung zu einem Fibrovasalring.

Euphorbia Lathyris Lin. (XIX, 6).

Keimpflänzchen. Die Cotyledonen und die folgenden Blattpaare zeigen eine regelmässig decussirte Anordnung, die auch schon im Knospenzustande deutlich ist. Die 3 Stränge der Cotyledonarspuren (Fig. 6, abc, def) gehen getrennt fast durch den ganzen Cauliculus, und verschmelzen dann in einen kurzen Ring, aus welchem 4 Seitenwurzeln entspringen. Die 6 Stränge des ersten Blattpaars (ghi und klm) treten zwischen die Cotyledonarstränge ein. Die medianen (g und k)

Digitized by Google

theilen sich oben im Stengelchen in 2 Schenkel, und setzen sich mit denselben ungefähr unter dem 4. Theil seiner Länge an die lateralen Cotyledonarstränge an. Die lateralen Stränge des ersten Blattpaars (hi, lm) vereinigen sich in gleicher Höhe, ohne Gabeltheilung, in Folge ihres schiefen Verlaufes theils mit seitlichen theils mit medianen Strängen der Samenlappen.

Die Spuren des 2. und 3. Paars (nop, qrs, tuv, xyz) legen sich im obern Viertheil des Stengelchens (seltener schon etwas höher) an Stränge der Samenlappen und des 1. Paares an. Dabei biegen die medianen am zweituntern Knoten symmetrisch-convergirend aus (n und q, t und x), und die lateralen (op, rs, uv, yz) kreuzen sich mit denen des nächstuntern Paars. — Die Spuren der folgenden Blätter gehen durch 4 bis 6 Stengelglieder, ehe sie sich an untere ansetzen. Man zählt daher auf Querschnitten unter der Terminalknospe bis auf 32 Stränge und darüber. Weiter nach unten sind dieselben in einen Holzring vereinigt; man sieht aber die stärkeren in der Zahl von 20 bis 24 an der innern Seite desselben vorspringen.

Von den Cotyledonen bis zu den Blättern, die der ersten Blüthe vorausgehen, sind die Spuren 3strängig; und die beiden Medianstränge eines Paars biegen am zweituntern Knoten fast ohne Ausnahme symmetrisch aus. Der Verlauf der Lateralstränge dagegen ist verschieden, was mit der Weite der Blattspuren zusammenhängt. Diejenigen der Cotyledonen sind ungefähr 115^0, die des nächsten Blattpaars 100^0 weit. In den folgenden Paaren nimmt die Spurweite allmälig zu. Weiter oben vermindert sie sich wieder und beträgt zuletzt blos noch etwa 70^0. Daher finden im untern Theil des Stengels zwischen den auf einander folgenden Spuren Verschränkungen ihrer Lateralstränge statt, und die obere Spur umfasst die senkrecht unter ihr befindliche, indem ihre beiden Lateralstränge am zweiten Knoten divergirend ausbiegen (lm wird von uv, hi von yz, op von β, rs von α umfasst). Im obern Theil des Stengels dagegen verschränken sich die Spuren der successiven Paare nicht; und die Lateralstränge biegen am zweituntern Knoten entweder convergirend aus, so dass sie von der senkrecht untern Spur eingefasst werden; oder sie biegen gleichwendig aus, so dass der eine diese Spur umfasst, der andere von ihr umfasst wird. Im letzten Falle sind sie gewöhnlich mit dem Medianstrang homodrom.

20. Blätter gegenständig. Spuren 3strängig; die Lateralstränge des nämlichen Paars von Anfang an vereintläufig.

Mercurialis annua Lin. und M. perennis Lin. (XVII, 6, 7).

Aus jedem der opponirten Blätter treten 3 Stränge in den Stengel ein (Fig. 7, abc, def, ghi, klm, nop, qrs, tuv, xyz, α, β). Die seitlichen beschreiben im Knoten einen Bogen von $^1/_4$ Stengelumfang und vereinigen sich, je der rechtseitliche des einen Blattes mit dem linken des andern (b mit f, e mit c,

Digitized by Google

l mit i, h mit m etc.). Die ganze Spur eines Blattpaars besteht nun in 4 Strängen (Fig. 6 und 7, a, bf, d, ce). Die medianen (Fig. 7, g, k, n, q, t, x) gehen durch das Internodium, und endigen am nächsten Knoten in der Gabel seiner Lateralstränge. Die vereintläufigen Lateralstränge dagegen (li, hm, rp, os, uz, yv) spalten sich am nächsten Knoten in 2 Schenkel, welche im folgenden Internodium den dortigen Medianstrang zwischen sich haben. Sie können am zweiten Knoten mit den Schenkeln der Lateralstränge von der erstuntern Spur sich vereinigen, oder getrennt von denselben durch ein Internodium weiter gehen. Im erstern Fall zeigt der Querschnitt durch ein Stengelglied 8 Stränge: 4 kreuzweise gestellte für das eigene Blattpaar (2 mediane und 2 vereintläufige laterale) und 4 damit alternirende, welche die 4 Schenkel der Lateralstränge vom erstobern Blattpaar darstellen. Im zweiten Falle sieht man auf dem Querschnitt 12 Stränge.

Aus den Axillarknospen treten 2 Stränge in den Stengel ein, welche zwischen dem Medianstrang des Tragblattes und den beiden Schenkeln eines Lateralstranges vom obern Blattpaar durch ein Internodium hinabsteigen, und sich dann an die letzteren anlegen (Fig. 7. εε, ζζ, ϑϑ, ηη). In dem Stengelglied, das sonst 8 Blattspurstränge enthält, steigt dadurch die Zahl der gesammten Stränge auf 12 (Fig. 6). In demjenigen, das sonst 12 enthalten würde, finden meistens Vereinigungen statt, so dass man zwischen den 4 kreuzweise gestellten Strängen der eigenen Blattspur theils Gruppen von 2 und 3, theils auch einzelne breit gezogene Stränge findet.

21. Blätter gegenständig. Spuren 5strängig; die zweitseitlichen Stränge des nämlichen Paars von Anfang an vereintläufig.

Sambucus nigra Lin. (XVII, 3, 4).

Laubtriebe. Die decussirte Stellung ist auch in der Terminalknospe ziemlich regelmässig. Aus der Blattbasis gehen 5 Stränge in den Stengel (Fig. 3, abcde, fghik, lmnop, qrstu). Der mediane (a, f, l, q) und die beiden erstseitlichen (bc, gh, mn, rs) steigen eigenläufig durch das Internodium hinab. Die beiden zweitseitlichen oder Randstränge dagegen (d, e, i, k, o, p, t, u) vereinigen sich sogleich im Knoten, und gehen vereintläufig bis zum nächsten. Die ganze Spur eines Paars ist daher 8strängig (Fig. 3 und 4, f, g, ie, c, a, b, dk, h, — ou, s, q, r, tp, n, l, m).

Die beiden Medianstränge biegen über den Randsträngen des nächstuntern Paars gleichwendig aus (nach 2 Beobachtungen; Fig. 3, V, a, f); bald aber werden sie durch Bildung eines zweiten Schenkels gabelig (Fig. 3, II, q, l; III, a, f; IV, q, l). Ihre beiden Schenkel fassen den Randstrang zwischen sich, und vereinigen sich im zweiten Knoten mit dessen beiden Gabelästen. — Die beiden erstseitlichen Stränge eines Blattes biegen über den gleichnamigen des

Digitized by Google

nächstuntern Paars divergirend aus (Fig. 3, II, nm, sr; III, cb, gh; IV, nm, sr), ziehen noch durch ein Internodium neben denselben hin und vereinigen sich am zweiten Knoten, indem sie in ihrem divergirenden Verlaufe beharren, gewöhnlich mit dem Ursprung der Gabeläste der Medianstränge vom erstuntern Paar. — Die vereintläufigen Randstränge biegen anfänglich über den Medianssträngen des nächstuntern Blattpaars aus (einmal geschah es symmetrisch-convergirend, Fig. 3, IV, ou, tp), und umfassen dieselben bald nachher gabelig, um sich im zweiten Knoten mit deren Schenkel zu vereinigen (Fig. 3, III, ie, dk).

Bei ganz regelmässigem Verlaufe zeigen die Querschnitte unter der Terminalknospe 20 Stränge (Fig. 4), unter denen man oft die 8 Stränge für das nächste Paar erkennt. Durch Verschmelzung einzelner Stränge kann auch die Zahl vermindert sein. Auf Querschnitten durch die obersten gefässführenden Internodien sieht man 2, 6, 12 Stränge; im letztern Falle gehören 6 stärkere dem eigenen, 6 damit alternirende schwächere dem erstobern Blattpaar an.

Bei einigen Dicotyledonen weichen alle oder einzelne Blattspurstränge von dem radial-senkrechten Verlauf ab. Sie ordnen sich daher nicht in einen einfachen Kreis, wie das bei allen bisher betrachteten Beispielen der Fall war, sondern in 2 Systeme. Das innere Fibrovasalsystem besteht aus Blattspurssträngen, die im Mark zerstreut sind, und die, was ihren Verlauf betrifft, mit den Monocotyledonen verglichen werden können. Das äussere stellt einen geschlossenen Fibrovasalring dar, welcher rücksichtlich seiner weitern Fortbildung mit demjenigen der übrigen Dicotyledonen übereinstimmt, und theils durch Blattspurstränge, die senkrecht heruntersteigen, theils durch solche, die einen Bogen nach innen beschrieben haben und aus dem Marke kommen, gebildet wird.

1. Blattspur 3strängig. Die Lateralstränge radial-senkrecht; die Medianstränge einen Bogen durch das Mark beschreibend.

Phytolacca dioica Lin. (XVIII, 8).

Laubsprosse. Die Blätter sind alternirend-schraubenständig. Die mittlere Divergenz beträgt in der Terminalknospe $137\frac{1}{2}^0$. Die 3strängige Blattspur ist ziemlich eng; ihre Weite beträgt etwa 24 oder 25^0. Der Medianstrang liegt bei seinem Eintritt in den Knoten etwas innerhalb der beiden Lateralstränge; er dringt in das Mark ein, während die letztern zwischen Mark und Rinde bleiben, sich zuerst in 2, dann in mehrere Stränge spalten, und sich seitlich zu einer bandförmigen Fibrovasalmasse vereinigen. Der Medianstrang steigt durch 8 bis 12 Internodien im Mark nach unten, und vereinigt sich dann wieder mit dem

Digitized by Google

Fibrovasalring. Er beschreibt also einen Bogen, dessen convexe Seite nach der Achse gekehrt ist, und dessen stärkste Wölbung sich in seinem obern Theile befindet. Denn nach einem Verlauf von 3 Internodien hat er schon seine grösste Annäherung an das Centrum des Markes erreicht; von hier geht er langsam nach aussen, und verschmilzt allmälig mit dem Fibrovasalring. Innerhalb des letztern findet man daher, nachdem die Blattspurbildung beendigt ist, 8 bis 12 freiliegende Stränge, von denen die innersten meistens kaum über ein Drittel des Radius nach innen reichen (Fig. 8).

Der erste Fibrovasalring wird also hier vollständig von den Blattspuren gebildet. Er hat begrenztes Dickenwachsthum. Ausserhalb desselben bilden sich neue Fibrovasalringe (Fig. 8). Die Stränge der verschiedenen Ringe stehen blos insofern mit einander in Verbindung, als sie durch Anastomosen in den Knoten verbunden sind. Die Stränge des nämlichen Kreises bilden unter sich ein Netz mit langgezogenen Maschen.

2. 3 Stränge der Blattspur in das Mark eintretend, und einen innern Kreis bildend.

Hieher gehören die Nyctagineen, bei denen der Fibrovasalring, wie es scheint, eine zum Theil von den Blattspuren unabhängige und nur durch schwache Verbindungsstränge mit denselben zusammenhängende Bildung ist.

Pisonia hirtella H. B. (XVIII, 1, 2).

Laubtriebe. Die decussirte Stellung der Blätter findet sich schon ziemlich regelmässig im Knospenzustande. Die 3strängige Spur (Fig. 1, a, b, c, d, e, f) hat eine Weite von ungefähr 65°. Sie tritt sogleich in das Mark ein, wobei die beiden seitlichen Stränge etwas weiter vorrücken, als der mediane. Am nächsten Knoten vereinigt sich die Spur zu einem einzigen Strang, und dringt dabei etwas tiefer in das Mark ein. Am zweiten Knoten, wo dieser Strang vor die Spur eines senkrecht-untern Blattes zu liegen kommt, biegt er neben derselben aus, und vereinigt sich im obern Theil des folgenden Internodiums mit der vereintläufigen Spur eines Blattes des erstuntern Paars. Dieses Ausbiegen geschieht für die beiden Stränge des gleichen Knotens homodrom (Fig. 1, e^1, f^1). Nachher entspringt von der Ausbiegungsstelle ein zweiter Schenkel, welcher sich nach unten auf der entgegengesetzten Seite in gleicher Weise anlegt (e^2, f^2).

Der Querschnitt durch ein Internodium zeigt daher immer 8 Stränge im Mark: 2 gegenüberliegende äussere, die Mediannerven für das nächste Paar (Fig. 2, a, b); damit ein Kreuz bildend 2 stärkere innere, die vereintläufigen Spuren des zweitnächsten Paars (c, d); endlich 4 mittelgrosse, welche mit den 4 genannten alterniren, auch eine mittlere Entfernung vom Centrum zeigen, und die seitlichen des nächsten Paares sind (a, b). Ausserdem beobachtet man

Digitized by Google

auf dem Querschnitt noch 4 schwache Stränge, welche je zwischen den 4 lateralen und den 2 vereintläufigen stehen, und dem Ring ziemlich genähert sind (g, h, i, k). Diese 4 Stränge entspringen aus den lateralen einer Spur, da wo dieselben am erstuntern Knoten sich zusammenneigen, um sich mit dem Medianstrang zu vereinigen (Fig. 1, gh, ik, lm, no). Wir können daher sagen, dass die Lateralstränge, nachdem sie durch ein Stengelglied hinabgestiegen sind, sich in 2 Schenkel spalten, von denen der eine weiter in das Mark eindringt, um die vereintläufige Spur bilden zu helfen, der andere aber nach unten und aussen geht, um etwa nach einem Internodium in den Fibrovasalring einzutreten. Ob noch andere Verbindungen zwischen dem letztern und den Spursträngen bestehen, ist mir unbekannt.

Aus der Axillarknospe treten 2 Stränge in den Stengel ein, welche aus einander weichen und sich sogleich an die beiden Schenkel der vereintläufigen Spur, die vom zweitobern Knoten herabkommt, ansetzen.

Boerhavia scandens Lin.

Laubtriebe. Blattstellung und Strangverlauf verhalten sich wie bei Pisonia. Aber die 8 Stränge im Mark sind einander mehr genähert, und liegen weiter von dem Fibrovasalring ab. Die 4 kleinern Stränge von Pisonia erkennt man hier nicht. Dagegen wird schon sehr früh im Cambiumring ein Kreis von Strängen sichtbar, welche an seiner innern Fläche mehr oder weniger vorspringen. Diese Stränge steigen von der Blattspur, wo dieselbe in das Blatt ausbiegt, senkrecht herunter.

Bugenvillea spectabilis Willd.

Die mittlere Divergenz der schraubenständigen Blätter beträgt in der Terminalknospe $144\frac{1}{2}^0$. 3 Stränge der Blattspur treten in das Mark ein, und ordnen sich daselbst mit den andern Spuren zu einem innern Kreis von Strängen nach folgenden Regeln. Die 3 Spurstränge gehen neben- und eigenläufig durch ungefähr 3 Internodien. Im eigenen Internodium beträgt die Spurweite etwa 30^0; in den beiden folgenden wird sie beträchtlich grösser. Am dritten Knoten biegen die 3 Stränge neben der dortigen Spur anodisch aus, und convergiren nun durch die folgenden 2 Glieder, so dass sie, über dem 5. Blatt angelangt, gewöhnlich in einen einzigen Strang verschmolzen sind. Die Vereinigung kann auch schon 1 Internodium höher erfolgen. — Die vereintläufige Blattspur biegt neben derjenigen des 5. untern Blattes kathodisch aus, oder spaltet sich in zwei Schenkel, welche sie rittlings umfassen.

Diess ist der regelmässige Verlauf. Eine Abweichung davon kann insofern statt finden, als ausnahmsweise eine Spur bei der drittuntern aus einander weicht, indem 2 Stränge anodisch, der dritte kathodisch ausbiegt, wodurch die untere von der obern umfasst wird. Eine andere Abweichung besteht darin,

Digitized by Google

dass die vereintläufige Spur am 5. untern Knoten ganz oder grösstentheils anodisch ausbiegt, in welchem Falle ein tangential-schiefer Verlauf der Blattspur bewiesen ist.

Eine Verschränkung der Blattspuren findet nicht statt. Was die Vereinigungen betrifft, so geschehen dieselben ziemlich unregelmässig. Da, wie bereits angedeutet wurde, die Blattspur in ihrem Verlaufe durch die 3 ersten Internodien sich bauchig erweitert, so kann der anodisch-seitliche Strang zwischen dem erst- und zweituntern Knoten mit der drittobern Spur auf eine kurze Strecke verschmelzen. Es kann ferner der kathodisch-seitliche Strang zwischen dem zweit- und drittuntern Knoten streckenweise sich an die zweitobere Blattspur anlehnen. Die vereintläufige Spur legt sich gewöhnlich im 5. untern Internodium auf eine kurze Strecke an die 3. untere Spur an. Wenn sie anodisch ausbiegt, oder sich gabelig spaltet, so verschmilzt der anodische Schenkel gewöhnlich in gleicher Höhe mit der 2. untern Spur. Die Länge des Weges, den eine Spur zurücklegt, bevor sie sich vollständig und dauernd mit untern Strängen vereinigt, beträgt also $5\frac{1}{2}$ Internodien. — Dem entsprechend besteht der innere Kreis aus 12 bis 15 Strängen. Sie bleiben fortwährend getrennt, liegen auch in ungleichen Abständen vom Centrum.

Der äussere Fibrovasalring bildet sich erst einige Zeit nach dem innern Kreis. Der letztere besteht in der Stammspitze schon aus 12 Strängen, ehe in dem äussern Cambiumring noch Gefässe sichtbar sind. Weiter abwärts tritt darin ein Kreis von kleinen Strängen auf, deren Zusammenhang mit den Blättern indess noch nicht deutlich gemacht werden kann. Erst noch etwas tiefer beobachtet man, dass von einem Blatt ausser den 3 Strängen, die in das Mark gehen, noch 2 schwächere in den Stengel eintreten, welche zwischen Mark und Rinde senkrecht hinabsteigen. So wird also der äussere Fibrovasalring bei Bugenvillea ausschliesslich von Blattspursträngen zusammengesetzt, die aber, im Gegensatz zu der bei den Dicotyledonen gültigen Regel, von unten nach oben zu wachsen scheinen. Von dem innern Strangkreis gehen auch einzelne schwache Abzweigungen in den äussern Ring über. Eine Regel dafür konnte nicht gefunden werden. Der Umstand, dass sie einen fast senkrechten Verlauf haben und mehrerer Internodien bedürfen, um beim äussern Ring anzulangen, erschwert die Untersuchung sehr.

3. Der Medianstrang einzelner Blätter oder ein Theil desselben in das Mark eintretend und einen centralen Strang bildend.

Nymphaea alba Lin.

Wurzelstock von magern Exemplaren aus einem fast ausgetrockneten Sumpf. An dem niederliegenden, wenig aufsteigenden Stamm sind die Internodien verkürzt und die Blätter schraubenständig. Der Querschnitt zeigt zwi-

Digitized by Google

schen Mark und Rinde einen Kreis von getrennten Strängen, welcher meistens in 3 (selten 4) schon dem blossen Auge kenntliche Partien getrennt ist. Diese 3 Partien sind von ungleicher Breite; sie wechseln in der Länge des Stammes fortwährend, und stehen mit der Anordnung der Blätter in Beziehung. Die Stränge des Kreises sind vielfach mit einander verbunden, so dass derselbe von der Fläche betrachtet ein vollkommenes Netz darstellt. Mitten durch das Mark verläuft ein centraler Strang, welcher hin und wieder einen Ast nach dem Netz abgehen lässt.

Aus der Blattbasis treten 5 Stränge in den Stengel ein; 3 davon liegen etwas höher und bilden die eigentliche Blattspur. Ihre beiden Lateralstränge weichen stark aus einander, und verflechten sich auf 2 ziemlich diametralen Punkten mit dem netzartigen Kreis, so dass die Spur etwa 180° weit ist. Der Medianstrang verliert sich ebenfalls meist sogleich in dem Netz. Zuweilen jedoch geht er, nachdem er mit andern Strängen einige Anastomosen gebildet hat, einwärts durch das Mark, um sich mit dem centralen Strang zu vereinigen. An einem Stamm waren es das 8. und 13., an einem andern das 1., 6., 11., 18. und 32. Blatt, deren Medianstränge sich nach dem Centrum wendeten, während diejenigen aller übrigen Blätter in dem äussern Netz blieben. Beim ersten Beispiel befanden sich das 8. und 13., beim zweiten das 1., 6., 11. und 32. Blatt an der obern Seite des liegenden Stammes, das 18. an dessen unterer Seite.

Der centrale Strang erinnert an Myriophyllum und Hippuris. Doch scheint es nicht, dass er selbständig fortwächst; wenigstens konnte er in dem einen Falle auf successiven Durchschnitten durch die Stammspitze erst wahrgenommen werden, nachdem das 8. gefässführende Blatt (von oben gezählt) seinen Medianstrang nach dem Centrum entsendet hatte. Der centrale Strang von Nymphaea dürfte daher als ein Sympodium von Mediansträngen anzusehen sein.

Die beiden lateralen Stränge neigen sich beim Eintritt in den Blattstiel zusammen und vereinigen sich, nachdem sie zuerst je einen Ast abgegeben haben, mit dem Medianstrang, aus welcher Vereinigung dann die übrigen Stränge des Blattstieles auf ziemlich regelmässige Weise sich abzweigen.

Ausser den genannten 3 Strängen, welche die eigentliche Blattspur bilden, treten noch 2 andere aus dem Stengel in die Blattbasis ein. Dieselben gehen je zwischen einem medianen und einem lateralen Blattspurstrang und etwas tiefer als die letztern von dem Netz ab, convergiren und vereinigen sich zu einem Strang, welcher die in regelmässiger Folge und Stellung an der Blattbasis entspringenden Wurzeln versorgt.

In der Anordnung der Blattspuren besteht zwischen den Dicotyledonen und Monocotyledonen kein durchgreifender Unterschied. Einzelne Gewächse

Digitized by Google

der einen und der andern Abtheilung verhalten sich nahezu gleich. Während aber die grosse Mehrzahl der Dicotyledonen wenigsträngige Blattspuren mit radial-senkrechtem Verlauf hat, so finden wir bei den Monocotyledonen fast lauter vielsträngige Spuren mit complicirter radialer Verschränkung. Nur eine Erscheinung, die aber nicht in der Anordnung, sondern in der Natur der Fibrovasalstränge begründet ist, bildet, wie früher hervorgehoben wurde, ein charakteristisches Merkmal. Im Stengel der Monocotyledonen vereinigen sich die Stränge, wenn sie auch noch so gedrängt liegen, nicht zu einem geschlossenen fortbildungsfähigen Ring. — Ich will für den Verlauf der Blattspuren bei den einsamenlappigen Gewächsen als Beispiele einerseits Dioscorea und Tamus, anderseits Chamaedorea, Cordyline und Calodracon, welche die beiden Extreme darstellen, anführen.

Dioscorea Batatas Dcsne. (XVIII, 3—7; XIX, 1).

Laubtriebe. Die Blätter sind bald schraubenständig, bald decussirt. Die letztere Stellung findet sich schon ziemlich regelmässig in der Terminalknospe. Die Blattspur ist 3strängig. Bei decussirter Stellung (Fig. 5, 6, 7, abc, def, ghi, klm, nop, qrs, tuv, xyz) beträgt ihre Weite ungefähr 120°. Berücksichtigen wir zuerst ihren Verlauf in tangentialer Richtung, so gehen die 6 Stränge eines Blattpaars ziemlich gerade durch 2 Internodien, wobei sich die lateralen am ersten Knoten mit den dortigen lateralen verschränken (Fig. 7). Ueber den Strängen des zweituntern Knotens anlangend, biegen die beiden seitlichen Stränge einer Spur (Fig. 7, op, rs, uv, yz) convergirend aus, und setzen sich an laterale Stränge des erstuntern Paars an; der Medianstrang aber (Fig. 7, n, q, t, x) theilt sich in zwei Schenkel, die sich mit den nämlichen Strängen vereinigen. Die Blattspur tritt hier sehr nahe zusammen, und bildet durch Verschmelzen meist eine einzige Masse. In jedem Knoten beobachtet man demnach 2 Fibrovasalmassen, zwischen denen die Medianstränge des nächstobern Paars hindurchgehen, ohne daran Theil zu nehmen, und von denen jede durch 5 von oben kommende Stränge gebildet wird und nach unten in 2 Stränge sich fortsetzt.

Die 6 Stränge eines Blattpaars gehen also nicht weiter als durch 2 Internodien, bis sie mit untern verschmelzen, und der Querschnitt durch ein Stengelglied zeigt 12 Stränge (Fig. 6), von denen 6 am eigenen (abc, def) und 6 damit alternirende am erstobern Knoten austreten (ghi, klm). Diese 12 Stränge würden in einen Kreis gestellt sein, wenn sie einen radial-senkrechten Verlauf hätten. Diess ist aber nicht der Fall, sondern sie dringen, indem sie weiter nach unten gehen, tiefer in das Mark ein. Indess beschränkt sich der radialschiefe Verlauf fast ausschliesslich auf die Knoten; der gleiche Strang zeigt daher in den beiden Internodien einen ungleichen Abstand vom Centrum. Die Lateralstränge, welche schon in ihrem eigenen Glied weiter nach innen vorgerückt sind, als der Medianstrang, zeichnen sich in dieser Beziehung im nächstuntern Internodium noch mehr vor demselben aus.

Digitized by Google

Der Querschnitt durch ein Internodium zeigt uns daher folgende regelmässige Anordnung: 4 Stränge nahe dem Centrum ein Rechteck bildend (die lateralen für das erstobere Paar, Fig. 5, m, h, i, l), 2 ziemlich weiter nach aussen, auf der breiten Seite des Rechteckes (die medianen für das erstobere Paar, g und k), 4 rechts und links von den beiden vorhergehenden und wenig weiter nach aussen (die lateralen für das eigene Blattpaar, e, f, c, b), endlich 2 weit ausserhalb der schmalen Seite jenes Rechteckes (die medianen für das eigene Paar, a und d), — oder wir können einfach sagen, einen innern Kreis von 4 und einen äussern von 8 Strängen. Jede der beiden im Knoten befindlichen Fibrovasalmassen wird von oben her durch 3 Stränge des äussern und durch 2 des innern Kreises gebildet, und sendet 2 innere Stränge nach unten.

Bei schraubenständiger Stellung der Blätter (Fig. 3) geht der Medianstrang (k, n, q, t) durch 3 Stengelglieder, berührt am 3. Knoten kathodisch abweichend den Lateralstrang der eigenen und den anodisch-lateralen der nächstuntern Spur, geht dann noch durch 2 weitere Glieder, und vereinigt sich am 5. Knoten mit dem anodisch-seitlichen Strang des 3. untern Blattes. Der kathodisch-seitliche (h, l, o, r) verschmilzt am 3. untern Knoten oder auch schon weiter oben mit dem anodisch-seitlichen der nächstuntern Spur. Der anodische Lateralstrang (i, m, p, s) steigt durch 5 Internodien nach unten, wobei er im 2. Knoten andere Stränge höherer Blattspuren berührt, und vereinigt sich am 5. Knoten mit dem Medianstrang des 2. untern Blattes.

Diesem Verlaufe entsprechend findet man auf dem Querschnitte 11 bis 13 Stränge; unter denselben sind 5 innere (Fig. 4). — Der Medianstrang und der kathodische Lateralstrang eines Blattes bleiben durch 3, der anodisch-seitliche durch 2 Internodien im äussern Kreis; dann wenden sie sich im Knoten nach innen, um mit andern zu verschmelzen. In jedem Knoten kommt bei der schraubenständigen Blattstellung eine einseitige Fibrovasalmasse (Fig. 3) vor, in welche 5 von oben kommende Stränge eintreten, nämlich 3 des äussern Kreises (1 vom 2. obern und 2 vom 3. obern Blattpaar) und 2 des innern Kreises (1 von der Masse des 2. obern und 1 von derjenigen des 3. obern Knotens kommend). Nach unten setzt sich die Fibrovasalmasse in 2 Strängen des innern Kreises fort.

Bei schraubenständiger Blattstellung ist übrigens die Anordnung der Stränge nicht immer die eben angegebene, zuweilen findet man auf Querschnitten blos 3 oder 4 Stränge im innern Kreis und 6 bis 8 im äussern, was mit dem Umstande zusammenhängt, dass dieselben schon nach kürzerem Verlaufe sich mit einander vereinigen (Taf. XIX, 1).

Tamus communis Lin.

Laubtriebe. Die Blätter sind schraubenständig, aber mit verschieden grosser Divergenz. Aus der Blattbasis treten 3 Stränge in den Stengel ein (Foliarstränge); aus der Axillarknospe kommen ebenfalls 2 (Axillarstränge), welche entweder zwischen dem Medianstrang und je einem der lateralen Foliarstränge

Digitized by Google

auf eine kürzere oder längere Strecke eigenläufig hinabsteigen, oder aber sich sogleich mit dem betreffenden lateralen vereinigen. Die Spur des Blattes und seines Axillarzweiges ist daher 3- 4- oder 5strängig. Die Anordnung der Spurstränge zeigt bei verschiedenen Zweigen und verschiedenen Pflanzen beträchtliche Modificationen, je nachdem der Abstand zweier Blätter grösser oder kleiner, je nachdem ferner die Spuren enger oder weiter und 3- 4- oder 5strängig sind. Es wurden folgende 4 Fälle beobachtet.

I. Ein Zweig, dessen Blattstellung $^5/_{13}$ zu sein scheint, hat ungleichhälftige, theils 3-, theils 4strängige Spuren. Die kathodische Hälfte der Spur ist immer enger und ihr Axillarstrang ohne Ausnahme mit dem lateralen Foliarstrang vereintläufig oder wenigstens nur auf eine kurze Strecke von demselben getrennt. Die anodische Hälfte ist weiter und ihr Axillarstrang häufig getrenntläufig.

Der Medianstrang geht eigenläufig durch 3 Internodien, und setzt sich an den anodisch-lateralen Foliarstrang des 3. untern Knotens an, es mag der letztere getrennt- oder vereintläufig sein. — Der kathodische vereintläufige (Foliar- und Axillar-) Strang steigt durch 3 Stengelglieder hinunter, und vereinigt sich am 3. untern Knoten, wenn der anodische Foliar- und Axillarstrang vereintläufig sind, mit denselben (also wie der Medianstrang); sind sie aber getrenntläufig, so setzt er sich entweder an den anodischen Axillarstrang an, oder er spaltet sich in 2 Schenkel, von denen der eine mit dem Axillar-, der andere mit dem Foliarstrang verschmilzt.

Der vereintläufige anodische (Axillar- und Foliarstrang) setzt sich im 2. untern Knoten an dessen vereintläufigen Kathodalstrang an. Sind Axillar- und Foliarstrang getrenntläufig, so verschmilzt, wenn sie nicht vorher vereintläufig geworden sind, jeder für sich mit dem eben genannten Strang des dritten Knotens. Ist aber der letztere in 2 Stränge getrennt, so hat die Vereinigung mit dem Axillarstrang (nicht mit dem Foliarstrang) statt.

Entsprechend diesem Verlauf finden wir auf dem Querschnitt 9 oder 10 Spurstränge. Dieselben sind in einen Kreis gestellt, mit ungleichen Abständen vom Centrum. Von den 4 Strängen einer Spur ist der mediane am meisten excentrisch, dann folgt der anodische Foliarstrang, und am tiefsten reichen der kathodische vereintläufige und der anodische Axillarstrang in das Mark hinein. — Von allen Strängen des Querschnittes liegt der Medianstrang des eigenen Knotens, dem die am stärksten vorspringende Ecke entspricht, am weitesten vom Centrum ab. Darauf folgt der Medianstrang des erstobern Blattes, welcher unter der zweitstärksten Ecke liegt, und dann der mediane des zweitobern Blattes unter der drittstärksten Ecke. Am tiefsten ragen gegen den Mittelpunct hinein der vereintläufige kathodische Lateralstrang vom zweitobern, der anodische Axillarstrang und der vereintläufige kathodische Strang vom erstobern Knoten.

II. Ein anderer Zweig, ebenfalls wie es scheint mit $^5/_{13}$ Stellung der Blätter, hat ebenso ungleichhälftige, bald 4- bald 5strängige Spuren. Die anodische

Digitized by Google

Hälfte ist weiter, und zeigt immer den Axillarstrang und den lateralen Foliarstrang getrenntläufig; indess die seitlichen Stränge der engern kathodischen Hälfte häufig von Anfang an vereintläufig sind oder wenigstens nach kurzem Verlaufe mit einander verschmelzen.

Der Medianstrang geht eigenläufig durch 5 Stengelglieder, und setzt sich dann gemeinschaftlich mit den anodischen Strängen der 3. untern Spur (mit der er sich nicht verschränkt) an den Axillarstrang der 5. untern an; oder er vereinigt sich schon am drittuntern Knoten mit dem anodischen Axillarstrang oder Foliarstrang desselben. — Der kathodische vereintläufige (Foliar- und Axillar-) Strang setzt sich im 3. untern Knoten an dessen anodischen Axillarstrang an. — Der anodische Foliarstrang vereinigt sich nach 2 Internodien mit dem vereintläufigen Seitenstrang oder dem kathodischen Axillarstrang der zweituntern Spur; das Nämliche thut der anodische Axillarstrang.

Der Querschnitt durch den Zweig zeigt 10—12 Spurstränge, von denen ebenfalls immer der Medianstrang der untersten Spur am meisten excentrisch liegt. Besteht die Spur aus 5 Strängen, so reichen unter denselben die Axillarstränge am tiefsten in das Mark hinein; indess die lateralen Foliarstränge nur wenig tiefer liegen als der mediane. — Die Spurweite beträgt im eigenen Internodium 100—110°; sie nimmt nach unten hin ab.

III. In einem dritten Zweig ist die Blattstellung ähnlich wie in den beiden vorhergehenden und beträgt ungefähr 138°. Die Spuren sind alle 5strängig und annähernd gleichhälftig.

Der Medianstrang geht, ohne sich mit der 5. untern Spur zu verschränken, kathodisch neben derselben vorbei, und vereinigt sich im 8. Knoten mit einem der Axillarstränge der 8. untern Spur, wobei ein schwächerer Schenkel sich mit dem andern Axillarstrang verbinden kann. — Der kathodische Foliarstrang setzt sich im 3. untern Knoten an den anodischen Axillarstrang desselben an. Der kathodische Axillarstrang geht ebenfalls durch 3 Stengelglieder, und setzt sich an den nämlichen Axillarstrang des 3. untern Knotens an; oder er geht anodisch neben der 3. untern Spur vorbei, und lässt sich noch durch 2, 3 und mehr Internodien verfolgen, worauf er sich an den rechts oder links zunächst liegenden Strang ansetzt (nämlich an den anodischen Foliarstrang der 3. untern oder an den Medianstrang der eigenen Spur). Nicht selten kommt es auch vor, dass der genannte kathodische Axillarstrang im 3. untern Knoten sich in 2 gleich oder ungleich starke Schenkel spaltet, welche den dortigen anodischen Foliarstrang zwischen sich fassen, und von denen jeder sich verhält, wie es sonst der ganze Strang thut.

Der anodische Foliar- und der anodische Axillarstrang gehen meist getrenntläufig durch 5 Internodien, und setzen sich beide im 5. untern Knoten an dessen kathodischen Axillarstrang an. Sie können aber auch schon nach 3 oder 4 Schritten vereintläufig werden. Zuweilen spaltet sich dieser vereintläufige Strang im 5. Knoten in 2 Schenkel, welche den Medianstrang der 5. untern Spur zwischen sich fassen, und von denen sich der eine an den kathodischen,

Digitized by Google

der andere an den anodischen Axillarstrang anlegt. Zuweilen auch setzt sich von den beiden Strängen, welche immer getrennt bleiben, der Foliarstrang an den anodischen, der Axillarstrang an den kathodischen Axillarstrang der 5. untern Spur an.

In Folge dieses Strangverlaufes zeigt der Querschnitt durch einen Zweig 23—28 Spurstränge, welche ungleich weit nach innen reichen, und mit Rücksicht auf diese Eigenthümlichkeit die nämlichen Verhältnisse zeigen, wie sie schon für die andern Zweige angegeben wurden. Die auffallende Verschiedenheit in der Zahl der Spurstränge zwischen diesem Zweig und den beiden vorhergehenden, obgleich die Blattstellung, soviel sich ermitteln liess, die nämliche war, scheint vorzüglich von der ungleichen Weite der Spuren und der ungleichen Zahl ihrer Stränge sowie von dem ungleichen tangential-schiefen Verlaufe herzurühren.

Der Abstand zweier successiver Medianstränge ist auf die Länge von 5 Internodien durchschnittlich 136°. Also beträgt die Abweichung von der Verticale auf die Länge eines Internodiums circa 2° (wenn die Blattdivergenz = 138°). Der Medianstrang trifft auf die Mitte der 8. untern Blattspur, und setzt sich, wie ich gesagt habe, bald anodisch- bald kathodisch-ausbiegend, an einen der beiden Axillarstränge an. Macht der Abstand je zweier Blätter 138° aus, so ist das 8. Blatt 24° von der auf dem Ausgangsblatt errichteten Verticale entfernt, was 3° Abweichung auf die Länge eines Stengelgliedes ergiebt. Daraus scheint zu folgen (vorausgesetzt die Richtigkeit der Messungen), dass die Spurstränge nicht blos einen tangential-schiefen (mit der Blattspirale homodromen) sondern auch einen krummlinigen Verlauf haben, in der Weise, dass sie vom 5. untern Knoten an abwärts sich noch mehr von der senkrechten Richtung entfernen.

Die Spurweite beträgt im Mittel 55°; bei den beiden vorhergehenden Zweigen betrug sie das Doppelte. Durch die geringere Spurweite wird der Umstand bedingt, dass der Medianstrang bei der 5. untern Spur und die anodischen Stränge bei der 2. untern Spur vorbeigehen, während sie bei den zwei ersten Zweigen sich daselbst ansetzen, und dass somit eine beträchtliche Zunahme der auf dem Querschnitt getrennt neben einander liegenden Spurstränge erfolgt.

IV. Ein vierter Zweig zeichnet sich durch seine abweichende Blattstellung aus. Das dritte Blatt nämlich, statt in der Schraubenlinie über das Ausgangsblatt hinauszugehen, bleibt hinter demselben zurück. Diess liess sich sowohl an dem gedrehten Zweig aus dem Verlaufe der Stengelrippen, als namentlich an dem ungedrehten Endtheil deutlich erkennen. Die von der Mediane eines Blattes herunterlaufende Kante trifft auf die kathodische Seitenkante des drittuntern Blattes. Die Divergenz beträgt demnach $^2/_7$ des Umfanges, oder eher etwas mehr, vielleicht $^4/_{13}$, wenn die Blattstellung aus dem Verlaufe der Stengelkanten erschlossen werden kann. Die Abstände in der Terminalknospe

Digitized by Google

zu bestimmen, misslang. Der Verlauf der Spurstränge stimmt übrigens ebenfalls mit der Annahme einer $^{5}/_{13}$ Stellung überein.

Die Spuren sind alle 5strängig und gleichhälftig. — Der Medianstrang geht durch 7 Stengelglieder, und legt sich im 7. Knoten an den dortigen kathodischen Axillarstrang an. Er kann auch schon 1 oder 2 Internodien höher mit dem anodischen Foliarstrang der 4. untern Spur verschmelzen, welcher im 7. Knoten mit dem nämlichen Strang sich vereinigt.

Die beiden kathodischen Stränge werden oft nach 1, 2, 3 oder 4 Internodien vereintläufig, und setzen sich als vereintläufiger Strang (seltener jeder einzelne für sich) im 4. untern Knoten an den anodischen Axillarstrang desselben an. Es geschieht aber auch, wenn die beiden Stränge getrennt bleiben, dass blos der Foliarstrang sich an den genannten Axillarstrang der 4. untern Spur anlegt; während der Axillarstrang (ohne sich mit derselben zu verschränken) noch durch 3 Internodien weiter hinabgeht, und sich (zugleich mit dem Medianstrang der eigenen Spur) an den kathodischen Axillarstrang der 7. Spur ansetzt, wobei er auch schon früher mit dem Medianstrang der eigenen oder mit dem anodischen Foliarstrang der 4. untern Spur vereintläufig werden kann.

Die beiden anodischen Spurstränge bleiben durch 3 Stengelglieder getrennt, oder sie werden nach 1—2 Schritten vereintläufig. In jedem Falle setzen sie sich im drittuntern Knoten an den kathodischen Axillarstrang desselben an.

Der Querschnitt zeigt 15—19 Stränge, entsprechend dem eben geschilderten Verlaufe derselben. Die Differenz gegenüber den 3 frühern Zweigen (I, II, III) ist charakteristisch. Der Medianstrang vereinigt sich bei I mit der 3., bei II mit der 5., bei III mit der 8., bei IV dagegen mit der 7. Spur. Die seitlichen Stränge setzen sich bei I und II an die 2. und 3., bei III an die 3. und 5., z. Th. auch an die 8. Spur an, bei IV dagegen an die 3., 4. und 7. Spur.

Bei allen Zweigen, also bei jeder Blattstellung, bei jeder Spurweite und jeder Zahl der Spurstränge mangeln die Verschränkungen durchaus. Der Strang einer höhern Spur geht entweder neben der tiefern Spur vorbei, oder er setzt sich an einen Strang derselben an. Aber nie steigt er zwischen den Strängen einer andern Spur und von denselben getrenntläufig abwärts.

Ich habe wiederholt bemerkt, dass die Spurstränge ungleich tief in das Markparenchym hineinreichen, und dass von den 5 Strängen der nämlichen Spur die axillaren beträchtlich tiefer liegen als die foliaren. Was das Verhalten des nämlichen Stranges in verschiedener Höhe betrifft, so kann vielleicht im Allgemeinen gesagt werden, dass er, sowie er weiter abwärts steigt, etwas tiefer ins Mark eindringt. Dabei kommen übrigens noch die Vereinigungen in Berücksichtigung.

Wenn 2 Stränge, die ungleich tief in das Mark hineinreichen, mit einander verschmelzen, so erkennt man oft noch durch mehrere Internodien die beiden Vasalbündel deutlich getrennt, indem das eine an der innern Ecke von dem keilförmigen Querschnitt des Fibrovasalstranges, das andere an der einen Seite

Digitized by Google

liegt. — Wie es scheint, giebt es aber auch Stränge, welche sich nicht mit untern Strängen vereinigen, sondern nach und nach kleiner werden, ihre Gefässe verlieren und dann als Fibralstränge allmälig verschwinden.

Chamaedorea elatior Mart. (XIX, 5).

Die Blattstellung ist schraubenständig mit $^1/_3$ Divergenz. Die Blattscheiden enthalten sehr zahlreiche Stränge. Der Querschnitt zeigt innen grössere Fibrovasalstränge mit kleinem Basttheil, aussen kleinere und gedrängter stehende Fibrovasalstränge mit grösserm Basttheil; überdem zerstreut durch das ganze Gewebe kleine Baststränge. — Unter allen entsteht zuerst ein in der Medianlinie und an der innern Seite befindlicher Fibrovasalstrang, der als Medianstrang bezeichnet werden muss. Er liegt genau vor der axillaren Knospe. Auf Querschnitten durch die Terminalknospe beobachtet man meistens eine Blattscheide, welche erst in ihrem Medianstrang Gefässe entwickelt hat und überdem blos Cambiumstränge enthält. Darauf entstehen die übrigen an der innern Seite der Blattscheide befindlichen Fibrovasalstränge, und zwar bewegt sich diese Bildung von der Blattmediane aus rechts und links nach der gegenüberliegenden Seite des Stengels hin. Ehe hier noch die letzten des innern Kreises angelegt werden, erscheinen ausserhalb des Medianstranges die ersten des zweiten Kreises; und es schreitet bald am ganzen Umfange die Bildung der Fibrovasalstränge von innen nach aussen hin fort.

Alle Stränge der Blattscheide treten in den Stamm ein, und zwar gehen sämmtliche Fibrovasalstränge in das Mark, sämmtliche Baststränge in die Rinde. Es findet daher zwischen der Mehrzahl der erstern und der letztern im Knoten eine radiale Kreuzung statt, da sich auch an der innern Seite der Blattscheide Bast-, an der äussern Fibrovasalstränge befinden. Die Baststränge haben im Stamme einen radial-senkrechten Verlauf. Von den Fibrovasalsträngen steigen die äussersten der Blattscheide ebenfalls vertical hinunter und zwar im äussersten Theile des Markes. Die übrigen dringen mehr oder weniger weit in das Mark ein, und beschreiben mit Rücksicht auf ihre radiale Richtung bald einen sehr schwachen, bald einen in allen Abstufungen stärkern Bogen. Am meisten weichen von dem radial-senkrechten Verlauf der Medianstrang und die ihm zunächst liegenden Stränge des innern Kreises der Blattscheide ab; sie dringen bis zum Centrum vor.

Häufig gehen die Stränge ziemlich rasch nach innen, und bewegen sich dann langsam nach aussen; sie können aber auch langsam nach innen und nach aussen vorrücken. Doch müssen wir im Allgemeinen als Regel aussprechen, dass von dem ganzen Bogen, den ein Strang beschreibt, der obere Theil ziemlich stärker gewölbt ist, als der untere. — Der Verlauf scheint zuweilen ein ziemlich stetiger zu sein. Häufig aber bildet er eine gebrochene Linie, indem der Strang eine Strecke weit senkrecht verläuft, dann plötzlich nach innen oder nach aussen biegt, wieder senkrecht hinabsteigt, und dann eine neue gleiche

Digitized by Google

Biegung macht. Es giebt selbst Stränge, welche das eine Mal nach aussen, das andre Mal nach innen biegen. Es giebt andere, die auf längern Strecken ziemlich gerade verlaufen und dann plötzlich einen grossen Bogen machen; z. B. Stränge, welche durch 1 oder 2 Internodien dicht innerhalb der Rinde senkrecht hinabsteigen, dann plötzlich nach innen sich wenden und ziemlich tief in das Mark eindringen. Das Letztere findet namentlich dann statt, wenn die peripherischen Stränge, die sonst innerhalb der Rinde bleiben, auf einen innern Strang eines untern Blattes treffen, der nach dem Centrum hin sich bewegt, und den sie nun auf seinem Marsche eine Strecke weit begleiten.

Dieser Verlauf der Stränge wiederholt sich bei allen Blättern mit der bereits angegebenen allgemeinen Regel, dass die der Mediane genäherten Fibrovasalstränge des innern Kreises der Blattscheide den grössten, ihre äussersten den kleinsten oder gar keinen Bogen in radialer Richtung beschreiben. Daraus folgt, dass der Strang eines obern Blattes wenigstens mit dem entsprechenden des senkrecht untern Blattes sich kreuzen muss, wie es das Schema von Mohl zeigt, vorausgesetzt, dass der Verlauf in tangentialer Richtung ein senkrechter sei.

Berücksichtigen wir nun den Verlauf der Fibrovasalstränge in tangentialer Richtung, oder wie er sich darstellt, wenn wir ihn auf eine Cylinderfläche projiciren, so können wir sagen, dass wahrscheinlich kein einziger eine vollkommen senkrechte Richtung zeigt. Die grosse Mehrzahl der Stränge einer Blattspur hat einen entschieden spiraligen Verlauf, indem sie sich um die Achsenlinie des Stengels drehen; und zwar sind sie unter sich und mit der Blattspirale homodrom. Aber die Abweichung von der Verticallinie zeigt ungleich grosse Werthe. Am meisten weichen die Stränge des innern Kreises der Blattscheide, namentlich der Medianstrang und die ihm zunächstliegenden ab.

An einem Stengel wurde die Anordnung aller Stränge in den 6 obersten gefässführenden Internodien durch etwa 110 successive Querschnitte ermittelt. Der Medianstrang des obersten Blattes (Fig. 5, d) machte durch 6 Internodien $1\frac{1}{8}$ Umlauf und befand sich auf seiner Rückkehr nach aussen noch nicht ganz in der Mitte zwischen dem Centrum und der innern Fläche der Rinde (d^1). Der des zweiten Blattes (c) machte durch 5 Internodien $1\frac{1}{11}$ (und wenn eine ganze Wendung beinahe auf der nämlichen Stelle im Centrum hinzugerechnet wird, $2\frac{1}{11}$) Umlauf, und war dann wenig über $\frac{1}{4}$ seines radialen Verlaufes nach aussen angelangt (c^1). Der Medianstrang des dritten Blattes (b) beschrieb durch 4 Stengelglieder $\frac{7}{8}$ eines ganzen Umlaufes und hatte, auf seinem Marsche nach aussen, ebenfalls etwas mehr als $\frac{1}{4}$ des Radius zurückgelegt (b^1). Derjenige des vierten Blattes (a) war durch 3 Internodien eben beim Centrum angekommen, und hatte bis dahin $\frac{5}{8}$ eines Umlaufes vollendet (a^1). — Die stärkste Abweichung in tangentialer Richtung trifft immer auf den innersten Theil des Bogens; und die grösste Annäherung an das mathematische Centrum hat dann statt, wenn der Strang $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ seines spiraligen Verlaufes, von oben an gerechnet, zurückgelegt hat.

Digitized by Google

Ganz ähnlich wie die Medianstränge verhalten sich diejenigen, welche ihnen in der Blattscheide zunächst liegen und dem innern Kreise angehören. Man sieht dessnahen aus jedem Blatte 3—5 Stränge in stark spiraliger Neigung bis zum Centrum vordringen und wieder nach aussen kehren. Die übrigen zeigen gleichmässig geringere Abweichungen in tangentialer und in radialer Richtung. Von allen Strängen eines Blattes machen nur diejenigen eine Ausnahme, welche dem anodischen Blattrande angehören. Während bei Linksdrehung der Blattspirale alle übrigen linksgewundene Schrauben darstellen, so beschreiben diejenigen des linken (vom Centrum des Stammes betrachtet) Randes schwache rechtswendige Spiralen. Es stimmt diese Erscheinung mit der allgemeinen Regel überein, dass eine Blattspur nach unten sich erweitert, und dass somit die Stränge der beiden Ränder convergiren.

Diese Ausnahmen spielen aber in der ganzen Anordnung der Stränge eine so untergeordnete Rolle, dass sie dieselbe nicht zu stören vermögen, und dass der Verlauf somit im Allgemeinen als ein homodrom-spiraliger bezeichnet werden kann. Am sichersten überzeugt man sich davon durch eine Reihe genauer Aufnahmen von successiven Querschnitten, am leichtesten aber durch senkrechte Durchschnitte der Terminalknospe, welche genau die Mitte treffen und nicht zu dünn sind. Man sieht nun, dass alle Stränge schief stehen und in der Projection auf die Schnittfläche gewöhnlich nach der gleichen Seite geneigt sind, dass aber die der einen (rechten oder linken) Hälfte mit ihrem dem Scheitel zugekehrten Ende, die der andern Hälfte mit ihrem dem Scheitel abgekehrten Ende die obere Schnittfläche berühren. Die Abbildung von Schacht (Pflanzenzelle Taf. XVII, 12), welche die Anordnung der Stränge in Chamaedorea Schiedeana zeigen soll, giebt eine unrichtige Vorstellung.

Mit dem tangential-spiraligen Verlaufe der Stränge verhält es sich übrigens rücksichtlich seiner Regelmässigkeit wie mit dem radial-bogenförmigen. Die Abweichungen vertheilen sich bald gleichmässig auf eine bestimmte Strecke, bald so, dass auf einen fast senkrechten Verlauf plötzlich eine Biegung folgt, bald auch so, dass stellenweise selbst eine rückgängige Bewegung eintritt. Die Projection auf eine Cylinderfläche zeigt daher häufig eine gebrochene und selbst eine zickzackförmige Linie; das Nämliche ist mit der Horizontalprojection auf eine Kreisfläche der Fall. — Die Abweichungen von der regelmässigen bogen- und schraubenförmigen Richtung werden ohne Zweifel durch die Anordnung der schon vorhandenen Stränge bedingt, zwischen denen sich die der obern Blätter durchwinden müssen.

Wegen des spiraligen Verlaufs liegt ein Strang abwechselnd auf verschiedenen Seiten des Stammes, auch einmal auf der dem Eintritte diametral-gegenüberliegenden. Wie aus den eben erwähnten Beispielen hervorgeht, zeigen ferner die nämlichen Stränge verschiedener Blätter auf gleiche Längen ungleiche tangentiale Abweichungen, und es ist vorauszusehn, dass sie auch auf ganz verschiedenen Seiten an der Oberfläche anlangen werden. Es ist daher das Schema von Mohl nur insofern auch für Chamaedorea richtig, als es die Pro-

Digitized by Google

jection homologer Blattspurstränge auf eine radial-senkrechte Ebene darstellt. Der senkrechte Durchschnitt kann uns nie eine demselben entsprechende Ansicht geben. Dagegen könnte er möglicher Weise eben sowohl ein Bild liefern, welches der Desfontaines'schen Theorie entspricht, wenn er nämlich zufällig äussere Stränge von untern und innere von obern Blättern blosslegt; oder auch ein Bild, welches die Ansicht von Mirbel zu bestätigen scheinen würde, insofern es innere Stränge der Blattscheide zeigt, welche auf die entgegengesetzte Seite des Stammes übertreten.

Die Mehrzahl der Blattspurstränge von Chamaedorea dringt in das Mark ein, und wendet sich abwärts wieder allmälig nach aussen, bis dicht unter die Rinde. Dabei verändert sich der Bau eines Stranges vornämlich in der Weise, dass er oben aus viel Xylem mit Spiralgefässen und wenig Bast, unten aus wenig Xylem blos mit porösen Gefässen und viel Bast besteht. Wenigstens gilt diess für die innern Stränge einer Blattscheide, welche tief in das Mark eindringen. Die Verschiedenheit ist um so geringer, je mehr sie der Rinde genähert bleiben. Daher rührt das aus den Untersuchungen Mohl's bekannte und auch oben erwähnte Verhalten der Stränge eines Querschnittes (Pag. 19).

Wenn der von oben nach unten gehende Strang dicht innerhalb der Rinde angelangt ist, so vereinigt er sich mit einem andern, der ihm gerade zunächst liegt. Diese Vereinigungen finden bald in tangentialer, bald in radialer, bald in schiefer (tangential-radialer) Richtung statt; ich habe oben schon davon gesprochen (Pag. 20). Das Austreten eines Stranges in die Rinde konnte ich, in Uebereinstimmung mit den Angaben von Schacht, weder auf Querschnitten noch auf Längsschnitten je beobachten; die Bastbündel der Rinde kommen alle direct aus dem Blatt. Die Verschmelzungen der Fibrovasalbündel innerhalb der Rinde sind sehr häufig, wie man sich namentlich auf successiven Querschnitten unterhalb der Stammspitze, wo sie vor vollständiger Verholzung des Bastkörpers am deutlichsten gesehen werden, überzeugt. Sie kommen ungefähr in der Menge vor, dass sie dem Zuwachs, den die Zahl der Stränge in einem Stamm durch die Blätter erfährt, durch einen entsprechenden Abgang das Gleichgewicht halten. Denn im Ganzen ist die Zahl der Stränge in den ausgebildeten Internodien die nämliche, obgleich sie stellenweise sich steigern oder vermindern kann. Die Angabe Mohl's, dass die Fibrovasalstränge der Palmen nach unten in Baststränge endigen, findet also für Chamaedorea keine Anwendung.

Im Marke dagegen mangeln bei Chamaedorea, wie es Mohl für die übrigen Palmen angiebt, die Vereinigungen (oder Verzweigungen) der Stränge beinahe gänzlich. Nach der Darstellung von Schacht (Anat. u. Phys. I, 327) würde es zwar scheinen, als ob diess ein normaler Prozess sei, denn er sagt, die zu den Blättern tretenden Gefässbündel vermehren sich im Innern des Stammes und zwar unter der Terminalknospe und im Verdickungsring durch Theilung. Bei Ch. elatior war es mir unmöglich, etwas dergleichen zu sehen. Wenn derselbe Verfasser am gleichen Ort sagt, an keimenden Pflanzen lasse sich, bei einiger Vorsicht, jedes Bündel bis zum Keimlager zurückführen, so dürfte frei-

Digitized by Google

lich daraus zu schliessen sein, dass Ch. Schiedeana sich anders verhalte als Ch. elatior und sich namentlich durch einfachere und leichter zugängliche Verhältnisse auszeichne.

Die Baststränge steigen, aus dem Blatt kommend, ziemlich radial-senkrecht in der Rinde nach unten. In tangentialer Richtung weichen sie mehr von der Verticallinie ab, was namentlich aus dem Umstande hervorzugehen scheint, dass die Vereinigungen in radialer Richtung selten, diejenigen in tangentialer Richtung dagegen sehr häufig sind. Die Stränge vereinigen sich aber nicht blos nach unten, sondern sie spalten sich auch; und zwar kann ein einziger auf einem sehr kurzen Verlaufe durch Spaltung in 6 und mehr Stränge übergehen. Diese Verschmelzungen und Theilungen hängen namentlich auch mit dem Umstande zusammen, dass die Rinde stellenweise viel mächtiger und reicher an Baststrängen ist.

Von andern Palmen untersuchte ich nur einen kleinen Seitenspross von Phoenix sylvestris Roxb. In der Terminalknospe war auch hier der schiefe Verlauf der Stränge deutlich; aber sie schienen nach 2 entgegengesetzten Richtungen geneigt zu sein, und jedenfalls ist die Anordnung viel complizirter als bei Chamaedorea. Ob aus dieser schiefen Stellung ein spiraliger Verlauf auch für die übrigen Palmen gefolgert werden könne, ist mir um so eher zweifelhaft, als Schacht (Anat. u. Phys. I, 328) anführt, es sei ihm bei einer etwa 5 Fuss langen und 2 Zoll starken Diele aus der Mitte des Stammes von Caryota urens mehrfach gelungen, einzelne zu den Blättern gehende starke Gefässbündel von ihrer Austrittsstelle durch die Rinde bis zur Basis des Stammes zu verfolgen; was natürlich eine genau tangential-senkrechte Richtung beweist.

Schacht (Anat. u. Phys. I, 310) sagt, die Ursache des bogenförmigen Verlaufes der Gefässbündel liege in dem Verdickungsring; dieselben beschreiben nämlich bei der Bildung des Blattes kaum eine krumme Linie, und erst später, zufolge des durch den Cambiumring verursachten Dickenwachsthums, einen starken Bogen, indem sie aus der Mitte des Stammes kommen. Diese Theorie ist für Chamaedorea sicher unrichtig; denn 1) kommt, wie ich früher schon gesagt habe (Pag. 21), der Verdickungsring bei ihr gar nicht vor, und 2) entspricht den Prämissen weder der oft unregelmässige, bald aus- bald einwärts biegende Verlauf des einzelnen Blattspurstrangs, noch der Umstand, dass nicht selten von 2 gleichzeitig (also nach der Theorie auch in gleicher Entfernung vom Centrum, weil im Cambiumring) entstehenden Strängen der eine tief, der andere wenig tief in's Mark eindringt, ferner dass 2 Stränge ungleichen Alters einen gleich grossen Bogen in radialer Richtung beschreiben können. Ueberhaupt muss der Verlauf der Stränge mit Rücksicht auf die mannigfaltigen und verschiedenartigen Erscheinungen ihrer tangentialen und radialen Abweichung als ein bis auf einen gewissen Punkt von allgemeinen Ursachen ganz unabhängiger bezeichnet werden.

Digitized by Google

Cordyline congesta Steud.

Laubtriebe. Die Divergenz der Blattspirale in der Terminalknospe beträgt im Mittel 163—164° (am ausgebildeten Stamm von Calodracon Jacquini $163^{7}/_{11}$°). Von den zahlreichen Strängen der Blattscheide entsteht zuerst der mediane; dann folgen rechts und links die Stränge des äussern Kreises. In gleicher Weise beginnt darauf die Bildung des zweiten (innern) Kreises in der Mitte und schreitet nach rechts und nach links hin fort.

Der Verlauf der Blattspuren stimmt insofern mit Chamaedorea überein, als der mediane und die ihm zunächst liegenden grössern Stränge am tiefsten in das Mark eindringen, während die kleinern und die dem Rande mehr genäherten in radialer Richtung kleinere Bögen beschreiben. Bei Chamaedorea aber bilden die grössern Stränge den innern, bei Cordyline den äussern Kreis in der Blattscheide. Daher kreuzen sich bei letzterer Pflanze die der gleichen Blattspur angehörigen Stränge, wenn dieselben in den Stengel eintreten.

Was das Verhältniss der successiven Blattspuren betrifft, so scheint es das nämliche zu sein wie bei den Palmen, und daher bei Projection auf eine radialsenkrechte Ebene eine regelmässige Kreuzung der homologen Stränge zu zeigen. — Auch mit Rücksicht auf die tangentiale Abweichung der Blattspuren verhält sich Cordyline ähnlich wie Chamaedorea. Die meisten Stränge haben einen spiraligen, unter sich und mit der Blattspirale homodromen Verlauf. Einige aber gehen tangential-senkrecht nach unten, oder beschreiben eine Spirallinie mit entgegengesetzter Wendung; dahin gehören vorzüglich diejenigen des anodischen Randes.

Die Fibrovasalstränge, deren Anordnung eben geschildert wurde, sind diejenigen, welche als Cambium sich aus dem Urmeristem ausgeschieden haben. Diejenigen, welche aus dem Cambiumring entstehen (Pag. 21—22), scheinen nicht etwa die untere Fortsetzung der erstern zu sein, sondern ein besonderes System für sich zu bilden. Sie haben sowohl in radialer als in tangentialer Richtung einen etwas schiefen Verlauf und bilden, in Folge vielfacher Vereinigungen in beiden Richtungen, ein Netz mit verlängerten Maschen.

Calodracon Jacquini Göpp.

Wurzelstock. Der Stamm endigt nach unten in mehrere Aeste, welche senkrecht in die Erde gehen und sich weiter verzweigen. Dieser abwärts wachsende Theil der Dracaenen wird gewöhnlich als Wurzel betrachtet, und Mirbel (Ann. sc. nat. III, 3, pag. 324) vergleicht ihn ausdrücklich der Pfahlwurzel der Dicotyledonen. Diese Deutung ist indessen unrichtig; das ganze wurzelähnliche Gebilde gehört dem Stammgerüst an. An jeder Spitze desselben befindet sich eine aus Blättern gebildete Terminalknospe; die Abbildung von Mirbel (l. c. Pl. 13) ist entweder unrichtig, oder zeigt verletzte Enden. Die Blätter bleiben aber klein und schuppenförmig; sie werden nicht über 2 Mill. M.

Digitized by Google

gross. Ihre Stellung ist die nämliche wie am Stamm; ich fand ihre Divergenz in der Terminalknospe im Mittel 170^0 (am entwickelten Stamm beträgt sie $163^7/_{11}{}^0$). Die Blätter an den Enden des Wurzelstockes verhalten sich wie die Scheiden der Stammblätter; ihre Insertion umgiebt den Spross ringförmig; sie sind ebenfalls eingerollt; aber die Deckung (am Stengel deckt der kathodische Rand den anodischen) scheint hier nicht constant zu sein. Unmittelbar hinter dem Scheitel gehen sie in Verwesung über, und lassen eine ringförmige Narbe zurück.

In jedes Blatt treten 3 Fibrovasalstränge aus; dieselben gehen in dem Stammtheil nach innen und oben (basipetal) und bilden bald mit den übrigen Strängen ein Netz, in welchem es nicht möglich war, weiter eine bestimmte Ordnung zu erkennen. Eine ziemlich constante Erscheinung sind horizontal liegende Gefässbögen, welche zwischen dem Centrum und der Peripherie sich befinden, und zu den Blattspuren in einem bestimmten Verhältniss der Anordnung zu stehen scheinen. — Auf Längsschnitten durch ältere Theile sieht man einzelne Stränge, die aus dem Innern des Markes kommen und bogenförmig durch das Gefässnetz in die Rinde ausgehen, wo sie in den Blattnarben endigen.

Calodracon zeigt uns also eine Pflanze mit einfachem überirdischem Stamm und vollständiger unterirdischer Krone, deren Zweige wurzelähnlich senkrecht nach unten wachsen, und den Wurzeln nicht blos im äussern Ansehn, sondern ohne Zweifel auch in der Function gleichen. Morphologisch gehören sie aber dem Stammgerüst an. Sie stimmen mit dem überirdischen Stamme auch darin überein, dass sie durch einen Cambiumring unbegrenzt in die Dicke wachsen*). Die Aeste des Wurzelstockes erzeugen Adventivknospen, welche nach oben sich entwickelnd zu Laubstämmen werden; sie bilden ferner seitliche ächte Wurzeln, welche mit Rücksicht auf Wachsthum und Structur sich genau wie die Wurzeln der Palmen verhalten; auch die Ausbreitung der Fibrovasalstränge dieser Wurzeln in dem Gefässnetz des Stammtheils erinnert ganz an die gleiche Erscheinung bei den Palmen.

*) Ich habe nur Calodracon untersucht. Schacht (Anat. u. Phys. I, 305) sagt, bei monocotyledonen Pflanzen, selbst bei Dracaena erlische die Thätigkeit des Cambiumrings in den Wurzeln frühzeitig, welche deshalb nie eine bedeutende Stärke erreichen. Dieser Beobachter hat ohne Zweifel die ächten Wurzeln untersucht: denn es ist nicht wahrscheinlich, dass zwei so nahe verwandte Gattungen rücksichtlich des Wurzelstockes sich abweichend verhalten sollten.

Digitized by Google

Erklärung der Tafeln.

Die in ( ) eingeschlossenen Zahlen geben die Vergrösserung an. Alle Querschnitte sind mit der Camera lucida oder dem Sömmering'schen Spiegelchen gezeichnet.

Taf. I.

Fig. 1 — 3. *Psilotum triquetrum Sw.*

1 (15). Längsschnitt durch das Ende eines dichotomisch getheilten Astes, so geführt, dass in der gezeichneten Hälfte alle Gefässstränge befindlich waren. Im untersten Ende kommen deren 2 vor, welche durch Theilung des einen in 3 übergehn. In jeden Gabelzweig treten 2 Stränge ein, indem einer der 3 sich noch einmal getheilt hat.

2 (30). Querschnitt durch den Fibrovasalcylinder eines ältern Stämmchens. Die vorspringenden dunklern Ecken enthalten die ursprünglichen Vasalstränge.

3 (30). Querschnitt durch den untersten stielrunden Theil eines Stämmchens. Senkrecht über den 5 Ecken des Fibrovasalcylinders befinden sich die Blätter I und VI, III, V, II und VII, IV.

Fig. 4, 5. *Hippuris vulgaris Lin.*

4 (50). Längsschnitt durch das Stengelende. a, b Gefässstränge, die von dem stammeigenen Fibrovasalcylinder aus in die Blätter wachsen.

5 (30). Querschnitt durch einen ausgebildeten Stengeltheil. Im Innern des Fibrovasalcylinders befinden sich wenige zerstreute Gefässe; nach aussen sind dieselben in einen Ring zusammengedrängt, von welchem die Blattstränge ausstrahlen, einzelne sich theilend und 2 Blätter versorgend.

Fig. 6, 7. *Salisburia adiantifolia Sm.*

6 (20). Querschnitt durch das Ende eines Zweiges. a, b, c, d, e, f Spuren der obersten Blätter.

Digitized by Google

7 (20). Querschnitt durch die Terminalknospe des nämlichen Zweiges. b, c, d, e, f Blätter, deren Spuren in Fig. 6 die gleiche Bezeichnung tragen. v Stammspitze.

Fig. 8, 9. *Selaginella hortensis Mett.*

8. Schematische Darstellung des Gefässstrangverlaufes. a, b die beiden Stränge im Stengel. c, e Oberblätter. d, f Unterblätter.

9. Schematische Darstellung des Querschnittes. Bezeichnung wie in 8.

Fig. 10. *Marsilea quadrifolia Lin.*

10 (20). Ganzer Gipfel, durch Kochen in Kalilösung durchsichtig gemacht. a Gefässstrang für das untere, b für das zweite Blatt; c reicht bis an den Grund des dritten; d Spurstrang für das vierte Blatt, das noch nicht sichtbar ist. d liegt tiefer als c, also zwischen b und c. e und f stammeigene oder Radicalstränge; f liegt höher als e. g Strang in eine Wurzel.

Taf. II.

Fig. 1, 2. *Ephedra vulgaris Rich.*

1 (45). Senkrecht-halbirtes Zweigende, von innen geschen. m ein Blatt des untersten Paars, abgekehrt; n, o die beiden Blätter des zweiten; p ein Blatt des dritten Paars, abgekehrt; q, r die beiden Blätter des vierten; s das abgekehrte Blatt des fünften; t, u die beiden Blätter des sechsten Paars. v Stammspitze. a — a^1 und b — b^1 die beiden Gefässstränge des Blattes m; a und b im Stengel, a^1 und b^1 im Blatte. c — c — c^1 und d — d — d^1 der eine Strang für die Blätter n und o; c — c und d — d im Stengel, c^1 und d^1 in den Blättern. e — e — e^1 und f — f — f^1 die beiden Stränge für das Blatt p; e — e und f — f im Stengel, e^1 und f^1 im Blatt. g — g — g^1 und h — h — h^1 der eine Strang für die Blätter q und r; g — g und h — h im Stengel, g^1 und h^1 in den Blättern. — i, k, l Gefässgürtel in den Stengelknoten. In dem Knoten unter g′ und h′ ist derselbe noch nicht vorhanden. — Die andere Hälfte des Zweigendes war vollkommen gleich.

2 (15). Querschnitt durch das drittoberste gefässführende Internodium eines Zweiges (entsprechend dem Stengelglied zwischen i und k in Fig. 1). a und b, c und d die beiden Spuren des eigenen; e und f, g und h die beiden Spuren des erstobern Blattpaars.

Fig. 3 — 5. *Juniperus communis Lin.*

3 (45). Querschnitt durch ein Zweigende der männlichen Pflanze, dicht über dem Knoten. a, b, c die Blätter dieses letztern, jedes mit einem Gefässstrang; k, k, k ein Paar von Strängen im Winkel jedes Blattes, für das erste

Digitized by Google

Blattpaar der Axillarzweige. d, e, f die Spuren des nächstobern Blattquirls. g, h, i die in 2 Schenkel gespaltenen Spuren des zweitobern Quirls.

4 (45). Querschnitt dicht unterhalb des nämlichen Knotens, über welchem der Querschnitt in Fig. 3 geführt war. a, b, c die Stränge der eigenen Blätter (a, b, c in Fig. 3). d, e, f die Stränge für den erstobern Quirl, mit denen sich die Schenkel der Spuren des zweitobern vereinigt haben; jede der 3 breitgezogenen Gefässmassen entspricht einer 3strängigen Gruppe von Fig. 3.

5. Schematische Darstellung des Verlaufes der Blattspurstränge, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen. a b c, d e f, g h i, k l m, n o p die Stränge der 5 obersten Blattquirle.

Fig. 6—8. *Sarothamnus scoparius Koch.*

6 (55). Querschnitt durch die Terminalknospe eines Zweiges. 0 bezeichnet die Stelle des untersten Blattes, welches weggelassen wurde. 1, 2, 3, 4, 5 successive Blätter. 6, 7 die Stellen, wo die folgenden Blattanlagen sich bilden werden.

7 (55). Querschnitt durch das abwärts 9. gefässführende Internodium des nämlichen Zweiges, von welchem in Fig. 6 die Endknospe dargestellt ist. a, b, c, d, e, f, g, h die Spuren der nächsten 8 Blätter; der Strang des 9. Blattes reichte noch nicht so tief hinab.

8 (55). Kreis der Blattspurstränge aus dem abwärts 18. gefässführenden Internodium eines Zweiges. a, b, c, d, e, f, g, h, i, k, l, m, n, o, p Spuren der nächsten 15 Blätter.

Fig. 9. *Lepidium sativum Lin.*

9 (20). Querschnitt durch das abwärts 10. gefässführende Internodium einer Keimpflanze, welche einige Blüthenanlagen an der Spitze hatte. a, b, c, d, e, f, g, h, i Spuren der nächsten 9 Blätter; die des obersten endigte höher. In der Blattspur a hat sich der Medianstrang getheilt; in der Spur e hat sich der mediane mit einem lateralen vereinigt; in f sind alle 3 mit einander verschmolzen; g, h, i sind ebenfalls 1strängig.

Taf. III.

Fig. 1—5. *Iberis amara Lin.*

1 (30). Querschnitt durch die Terminalknospe. 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 die successiven Blätter.

2 (15). Querschnitt durch das abwärts 23. gefässführende Stengelglied einer Keimpflanze, die noch keine Blüthen angelegt hat. 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 die Spuren der aufwärts successiven Blätter. a, a, a, a schiefe Verbindungsstränge.

Digitized by Google

3 (15). Querschnitt durch das abwärts 19. gefässführende Stengelglied der nämlichen Pflanze wie Fig. 2. Die Bezeichnung ist die gleiche. Man erkennt die Blattspuren bis zur aufwärts 14. a, a schiefe Verbindungsstränge. Der Lage nach könnte man das eine a für die Blattspur 15 halten, deren Stelle es einnimmt; allein 15 hat sich schon ein Internodium höher mit 10 vereinigt. Diese Verbindungsstränge erscheinen hier zum erstenmal; in den höhern Internodien mangeln sie.

4 (15). Querschnitt durch das abwärts 17. gefässführende Stengelglied der gleichen Pflanze wie Fig. 2 und 3. Die Zahlen bezeichnen auch hier die nämlichen Stränge; man unterscheidet bis zur aufwärts 16. Blattspur.

5. Schematische Darstellung des Strangverlaufes (in dem Zweig, dessen Querschnitte in Fig. 2, 3, 4 gezeichnet sind) auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen. Die kleinen Verbindungsstränge in den untern Gliedern (a, a in Fig. 3 und 4) sind weggelassen.

Fig. 6, 7. *Scopolina atropoides Schult.*

6 (10). Querschnitt durch einen sympodialen Ast; er entspricht dem untern Ende von Fig. 7. Die Anordnung der Stränge und ihre Bezeichnung ist die nämliche, mit dem Unterschied, dass p und n verschmolzen sind, und dass zwischen a und c ein schwacher Verbindungsstrang (z) sichtbar ist.

7 (15). Darstellung des Strangverlaufes eines sympodialen Astes auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; die beiden Hälften des Längsdurchschnittes wurden in der Zeichnung vereinigt. a b c und d e f Blattpaar am ersten Knoten des Sympodiums, i k l und m n o am zweiten, r s t und u am dritten Knoten. a b c oberes Blatt des primären Sprosses und Tragblatt des secundären; g h Blüthenstiel, in den der primäre Spross ausgeht. d e f unteres zweigloses Blatt des secundären Sprosses; k i l oberes Blatt desselben und Tragblatt des tertiären; p q Blüthenstiel, mit dem der secundäre Spross endigt. m n o unteres zweigloses Blatt des tertiären; r s t oberes Blatt desselben und Tragblatt des quartären Sprosses; v x Blüthenstiel, der den tertiären Spross abschliesst. u und y die medianen Stränge der Blätter vom quartären Spross, u unteres zweigloses und y oberes knospentragendes Blatt. Die lateralen Stränge dieser beiden Blätter und die Stränge für den Blüthenstiel, der den quartären Spross begrenzt, sind noch nicht sichtbar.

Taf. IV.

Fig. 1, 2. *Cocculus laurifolius DC.*

1 (10). Querschnitt durch den Zweig, dessen Strangverlauf in Fig. 2 dargestellt ist, und zwar durch das Internodium unter Blatt 1. Die Bezeichnung ist die nämliche. a^1, b^1, d^1, e^1, a^2, a^3, b^2, a^5 sind eigenläufige Stränge; die übrigen alle sind mit andern vereintläufig.

Digitized by Google

2. Schematische Darstellung des Strangverlaufes auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen, nach successiven Querschnitten ausgeführt; einer der untersten ist in Fig. 1 gezeichnet. a, b, c, d, e die 5 Spurstränge eines Blattes; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 die successiven Blätter. Die Bezeichnung am untern Ende ist die nämliche wie in Fig. 1.

Fig. 3, 4. *Ribes rubrum Lin.*

3 (15). Querschnitt durch das abwärts 5. gefässführende Internodium des Laubzweiges, dessen Strangverlauf in Fig. 4 dargestellt ist. Die Bezeichnung ist die nämliche. r, r die beiden Schenkel eines Blattspurstranges.

4. Schematische Darstellung des Blattspurverlaufes von einem Zweigende, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; sie wurde nach successiven Querschnitten ausgeführt, von denen einer in Fig. 3 gezeichnet ist. a b c, d e f, g h i, k l m, n o p, q r s, t Spuren der 7 obersten Blätter; von der letzten ist erst ein Theil des Medianstrangs sichtbar.

Fig. 5, 6. *Prunus avium Lin.*

5 (20). Querschnitt durch das abwärts 6. gefässführende Internodium eines Laubzweiges. Die Bezeichnung ist die nämliche wie in Fig. 6.

6 (20). Darstellung des Blattspurverlaufes von einem Zweigende, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. a b c, d e f, g h i, k l m, n o p, q die Spuren der successiven Blätter; von der obersten ist erst der Medianstrang vorhanden.

Taf. V.

Fig. 1, 2. *Lupinus luteus Lin.*

1 (10). Verlauf der Spurstränge in einem Keimpflänzchen, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. a, b die zweisträngigen Spuren der beiden Cotyledonen. c, d die 3strängigen Spuren der beiden Primordialblätter; f, e die 3strängigen Spuren des folgenden Blattpaars.

2 (10). Querschnitt durch die Terminalknospe eines Keimpflänzchens. I, II Cotyledonen; I wurde in der Zeichnung weggelassen. III, IV Primordialblätter oder erste Laubblätter. V, VI zweites Laubblattpaar; von dem dritten ist erst VII angelegt.

Fig. 3, 4. *Lupinus Lehmanni Hort.*

3 (10). Verlauf der Spurstränge eines Keimpflänzchens auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. a und b die 2strängigen Spuren der Cotyledonen. c d e und

Digitized by Google

f g h die 3strängigen Spuren des ersten Laubblattpaars. i k l und m n o die Spuren des zweiten Blattpaars; p und q die Spuren des dritten Paars. Von den Spuren des vierten Paars sind erst die Medianstränge r und s theilweise gebildet. u Stränge für die Axillarknospen der Cotyledonen. v, x der zweite Schenkel der Medianstränge des zweiten Laubblattpaars.

4 (10). Querschnitt durch das über den Cotyledonen befindliche Stengelglied. Die Bezeichnung ist die nämliche wie in Fig. 3.

Fig. 5—7. *Passiflora Vespertilio Lin.*

5 (20). Querschnitt durch ein Zweiginternodium. Die Bezeichnung der Stränge ist die nämliche wie am Umfange von Fig. 6 und am Grunde von Fig. 7.

6. Schematische Darstellung des Strangverlaufes der 5 obersten gefässführenden Glieder eines Zweiges, in der Horizontalprojection, nach successiven Querschnitten ausgeführt. a b c, f g h, l m n, q r s, t u v die 3strängigen Spuren der successiven Blätter; vom obersten Blatt ist erst der Medianstrang x gebildet. d e, i k, o p die beiden Stränge für die axillären Ranken.

7. Schematische Darstellung des Strangverlaufes des nämlichen Zweiges wie Fig. 6, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen. Die Bezeichnung ist die gleiche.

Für die beiden schematischen Darstellungen wurde die Divergenz $^2/_5$ gewählt, was nicht mit den Abständen in der Terminalknospe übereinstimmt, und die relativen Entfernungen der Spurstränge etwas verändert.

Taf. VI.

Fig. 1, 2. *Saururus cernuus Lin.*

1 (20). Querschnitt durch den abwärts dritten gefässführenden Knoten eines Stengels. A B C D E F G die Stränge, die in das Blatt ausgehn. a′ b′ c′ d′ e′ f′ g′ die Spur des erstobern Blattes. a b c d e f die Spurstränge des zweitobern Blattes, jeder in 2 Hälften getheilt. Zwischen den beiden Strangkreisen sieht man einen Theil des bogenförmigen Netzes.

2 (20). Querschnitt durch den untern Theil des Internodiums, der zu dem Knoten von Fig. 1 gehört. Die Bezeichnung ist die nämliche. Die äussern Stränge sind noch nicht ganz in den Kreis eingetreten; A, B, C haben sich bereits gespalten. g′ hat sich in 2 Theile getrennt, von denen jeder mit einer Hälfte von a sich vereinigt hat. Die beiden Hälften von c haben sich an d′ und f′ angeschlossen. Die Hälften von b, d, e, f dagegen sind wieder grösstentheils mit einander verschmolzen.

Digitized by Google

Fig. 3. *Liriodendron tulipiferum Lin.*

3 (20). Querschnitt durch das abwärts dritte gefässführende Internodium eines Laubzweiges. A B C D E F G H Spur des nächsten, a b c d e f g h des zweitnächsten Blattes. A, a Medianstränge; H, h die vereintläufigen Randstränge. α Medianstrang des dritten Blattes.

Fig. 4. *Lathyrus Aphaca Lin.*

4. Schematische Darstellung des Verlaufes der Blattspuren in einem Zweigende, in der Horizontalprojection. a b c, d e f, g h i, k l m, n o p Spuren der successiven Blätter; q Medianstrang des obersten.

Fig. 5—7. *Hertia crassifolia Less.*

5. Schematische Darstellung des Strangverlaufes in dem Ende eines Laubtriebes auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen, nach successiven Querschnitten und nach Längsschnitten. a b c, d e f, g h i, k l m, n o p, q r s, t u v Spuren von 7 successiven Blättern. Von dem obersten ist erst der Medianstrang x theilweise gebildet.

6 (14). Querschnitt unter dem abwärts dritten gefässführenden Knoten. a b c Spur des obersten Blattes, der Medianstrang a in 2 Schenkel gespalten. d e f Spur des zweitobersten, g h i des drittobersten Blattes.

7 (14). Querschnitt durch den zweiten gefässführenden Knoten des gleichen Zweiges wie Fig. 6. Die Bezeichnung ist die nämliche.

Taf. VII.

Fig. 1—3. *Lathyrus Pseudaphaca Boiss.*

1 (45). Querschnitt durch das abwärts dritte gefässführende Internodium eines Laubsprosses. Die Bezeichnung ist die nämliche wie im drittuntern Glied von Fig. 3. l m n Spur des nächsten, o p q des zweitnächsten Blattes. s und t die beiden lateralen Stränge der dritten Spur; die Schenkel ihres Medianstranges sind mit p und q vereintläufig.

2 (25). Querschnitt durch einen andern Zweig; die Bezeichnung ist die nämliche wie im zweituntern Glied von Fig. 3. f g h Spur des nächsten Blattes, i k Stränge für den axillären Blüthenstiel. l m n Spur des zweitnächsten Blattes. p und q die beiden lateralen Stränge der dritten Spur; die Schenkel des medianen sind mit m und n vereintläufig.

3. Schematische Darstellung des Strangverlaufes in der durchsichtig gedachten Stengelspitze; die zugekehrten Stränge sind dunkler gehalten. a b c, f g h, l m n, o p q, r s t Spuren der successiven Blätter; u Medianstrang des obersten. d e, i k Stränge für die axillären Blüthenstiele.

Digitized by Google

Fig. 4. *Lathyrus Aphaca Lin.*

4 (20). Querschnitt durch das abwärts fünfte gefässführende Glied eines Stengels. a b c Spur des nächsten, d e f des zweitnächsten Blattes; mit e und f sind die Spuren der höhern Blätter verschmolzen.

Fig. 5—7. *Lathyrus odoratus Lin.*

5. Schematische Darstellung des Strangverlaufes einer Stengelspitze in der Horizontalprojection, nach Quer- und Längsschnitten ausgeführt. a b c, d e f, g h i, k l m, n o p die Spuren der 5 obersten Blätter.

6. Querschnitt durch ein Stengelinternodium; die Bezeichnung ist die nämliche wie am Umfange von Fig. 5. a b c die Spur des eigenen, d e f des erstobern Blattes. g l und g m die Schenkel des Medianstranges der zweiten Spur mit den lateralen der dritten, h k und i k die Schenkel des Medianstranges der dritten mit den lateralen der zweiten Spur vereintläufig.

7. Schematische Darstellung der Spurstränge einer Stengelspitze auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen, nach Längs- und Querschnitten ausgeführt. a b c, d e f, g h i, k l m, n o p successive Blattspuren; q Medianstrang der obersten Spur.

Taf. VIII.

Fig. 1, 2. *Lathyrus Nissolia Lin.*

1 (55). Querschnitt durch eine Terminalknospe. 1, 2, 3, 4, 5 die successiven Blätter. a Mediannerv von Blatt 1; b c, d e, f g, h i, k l, m n die seitlichen Nerven, wie sie nach einander entstanden sind. o p q die 3 ersten Stränge von Blatt 2, durch Gefässbögen verbunden. p^1, p^2, p^3 die Blüthenstiele in den Achseln von Blatt 1, 2, 3. s Strang für das untere Kelchblatt, t u für die beiden mittlern; die Stränge für die beiden obern Kelchblätter sind noch nicht sichtbar. In p^2 sieht man erst den Spurstrang des untern Kelchblattes. r accessorischer Laubzweig; derjenige im Winkel von Blatt 1 ist erst bei tiefern Querschnitten sichtbar; derjenige in der Achsel von Blatt 3 ist noch nicht angelegt. v Stengelspitze.

2 (55). Querschnitt durch eine andere Stengelspitze, ziemlich tiefer geführt als in Fig. 1. a Mittelnerv des Blattes; b c, d e, f g, h i, m n die seitlichen Nerven in der Reihenfolge, wie sie entstanden sind, die mittlern durch Gefässbögen verbunden. o p q Spurstränge des folgenden Blattes im Stengelinternodium; o medianer, p und q die beiden lateralen Stränge. s t u Blüthenstiel; x y z accessorischer Laubzweig. s Spurstrang des untern Kelchblattes, t und u der beiden mittlern. x erstes, y zweites Blatt des Laubzweiges, z dessen Spitze.

Digitized by Google

Fig. 3—5. *Aristolochia Gigas Lindl.*

3 (15). Verlauf der Spurstränge in einer Stengelspitze, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen, indem die beiden Längsschnitte in der Zeichnung vereinigt wurden. a b c, f g h, l m n, o p q, r s t, u v x successive Blattspuren; y Medianstrang der obersten Spur. d e, i k Axillarstränge des ersten und zweiten Blattes.

4 (20). Querschnitt unter einem Stengelknoten; die Bezeichnung ist die nämliche wie im untersten Internodium von Fig. 3. a die beiden Schenkel des Medianstrangs (sammt den beiden Anastomosen, welche denselben mit den Lateralsträngen verbinden); b, c die Lateralstränge; d, e die Axillarstränge des Knotens. f Medianstrang der erstobern Spur, eben in Theilung begriffen; g, h die Lateralstränge derselben. m, n die Lateralstränge der zweitobern, p, q diejenigen der drittobern Blattspur.

5 (20). Querschnitt über dem gleichen Knoten wie Fig. 4; die Bezeichnung ist die gleiche. f g h Spur des nächsten, m n des zweitnächsten, p q des dritten, s t des vierten Blattes.

Fig. 6—8. *Aristolochia Clematitis Lin.*

6 (20). Querschnitt dicht unter einem Stengelknoten; die Bezeichnung ist die nämliche wie in Fig. 8. a b c die Blattspurstränge und d e die Axillarstränge, die an diesem Knoten austreten. f g h erstobere Blattspur; i k die dazu gehörigen Axillarstränge. l m n zweitobere Blattspur, o p die entsprechenden Axillarstränge (o mit l verschmolzen).

7 (20). Querschnitt wenig tiefer als Fig. 6. Die Bezeichnung ist die gleiche, und entspricht auch ganz derjenigen am Grunde von Fig. 8. l o hat sich mit h, m mit k, n mit i, p mit g vereinigt; ebenso sind die beiden Stränge von f mit einander verschmolzen.

8 (17). Verlauf der Spurstränge in einer Stengelspitze auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen, indem die beiden Längsschnitte in der Zeichnung vereinigt wurden. a b c, f g h, l m n, q r s, v x y successive Blattspuren. d e, i k, o p, t u Axillarstränge der 4 untern Knoten.

Taf. IX.

Fig. 1—3. *Ampelopsis hederacea DC.*

1 (16). Verlauf der Blattspurstränge eines Zweigendes auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. a b c, e f g, h i k, m n o, q r s, t u v x, y z α β, γ δ ε ζ, η ϑ ι die successiven Blattspuren. d 3 Stränge für die Ranke, welche dem ersten Blatt (a b c) gegenüber steht. l 3 Stränge für die dem dritten Blatt (h i k) opponirte Ranke. p 2 Stränge für die dem vierten Blatt (m n o) gegenüberstehende Ranke.

Digitized by Google

2 (16). Verlauf der Blattspurstränge eines Zweigendes auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. a b c d, f g h i, k l m n, p q r, t u v, x y z die successiven Blattspuren. e, o, s Gruppen von 3, 3 und 2 Strängen für die dem ersten (a b c d), dritten (k l m n) und vierten (p q r) Blatte gegenüberstehenden Ranken.

3 (22). Querschnitt durch ein Zweigende. a b c d Spur des nächsten Blattes, e 3strängige Spur der demselben gegenüberstehenden Ranke. f g h i Spur des zweitnächsten Blattes.

Fig. 4, 5. *Alsine laricifolia Wahlenb.*

4 (45). Querschnitt durch die Terminalknospe, a b c, d e f die Gefässstränge des ersten Blattpaars, g h i, k l m des zweiten; n, o und p, q die Mediannstränge des dritten und vierten Paars; s, r fünftes Blattpaar. v Stengelspitze. a, g, n, p, r sind die zweigtragenden oder Anfangsblätter.

5 (45). Querschnitt durch das abwärts dritte gefässführende Internodium des gleichen Stengelendes. Die Bezeichnung ist die nämliche wie in Fig. 4. t und u das erste Blattpaar des Zweiges in der Achsel von Blatt a.

Taf. X.

Fig. 1. *Vitis vinifera Lin.*

1 (20). Verlauf der Spurstränge in einem Zweigende auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. a b c d e Spur des ersten Blattes; f 3 Stränge für die Axillarknospe; g 3 Stränge für die blattgegenständige Ranke. h i k l m zweite Blattspur; n 3 Stränge für die Axillarknospe. o p q r s Spur des dritten Blattes; t 3 Stränge für die demselben gegenüberstehende Ranke. u v w x y vierte Blattspur; z 3 Stränge für die blattgegenständige Ranke. $\alpha\ \beta\ \gamma\ \delta\ \varepsilon$ vierte und $\zeta\ \eta\ \vartheta\ \iota\ \varkappa$ fünfte Blattspur.

Fig. 2—4. *Phaseolus vulgaris Lin.* (Fig. 2 *Var. nanus*).

2 (30). Verlauf der Spurstränge in einem Zweigende auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. a b c d, f g h i, l m n o, q r s t, u v w x die 1strängigen successiven Blattspuren; von der obersten Spur sind erst 2 Stränge y z sichtbar. e, k k, p Stränge für die Axillarzweige der 3 untern Blätter.

3 (6). Verlauf der Spurstränge in einem Keimpflänzchen auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. a und b die beiden Cotyledonarspuren. c, d die Mediannstränge für die Primordialblätter; e, f, g, h die vereintläufigen Lateralstränge; k und i i die 5 in den Blattstiel eintretenden Stränge. l, m, o, p, q, r 6 Stränge,

Digitized by Google

die sich durch das Internodium über den Primordialblättern fortsetzen und zu den höhern Blättern gehen.

4. Schematische Darstellung des Strangverlaufes im Knoten der Primordialblätter, in der Querschnittsansicht. Die Bezeichnung ist die nämliche wie in Fig. 3.

Fig. 5. *Platanus occidentalis Lin.*

5 (30). Querschnitt durch das abwärts vierte gefässführende Internodium eines Zweiges. A B C D E F G H I ganze Spur des ersten Blattes; A Mediansträngе; B C D Petiolarstränge der stärkern, E F der schwächern Hälfte; G H J Stipularstränge. R 3 Stränge für die Axillarknospe. a′ b′ c′ d′ e′ f′ g′ Spur des zweiten Blattes; a′ a′ Mediansträngе, der dritte ist mit H vereinigt; b′ c′ c′ d′ Petiolarstränge der stärkern, e′ f′ der schwächern Hälfte; von den Stipularsträngen ist blos noch g′ sichtbar. a b c d e f Spur des dritten Blattes. a Medianstrang mit f′ verschmolzen, b c d Stränge der stärkern, e f der schwächern Hälfte; c ist in 2 Schenkel getheilt, von denen einer sich mit g′ vereinigt hat.

Taf. XI.

Fig. 1. *Menyanthes trifoliata Lin.*

1 (12). Querschnitt durch ein Stengelglied. A B C D E F G H J N O P Spur des eigenen Blattes; die punctirten Linien bezeichnen die Stellen, wo diese Stränge weiter abwärts in den Kreis eintreten, zu welchem Behufe sich der Strang e und derjenige zwischen a und n spaltet. a, n, b, p, c die noch eigenläufigen Stränge der erstobern Blattspur; d, f, g, e, o Stränge der nämlichen Blattspur, die sich bereits mit andern vereinigt haben.

Fig. 2. *Dianthus plumarius Lin.*

2 (25). Verlauf der Blattspurstränge in einer Stengelspitze, die noch keine Blüthen angelegt hat, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. a, b, c, d, e, f, g, h, i, k, l, m die Spuren der obersten 5 Blattpaare.

Fig. 3, 4. *Spergula arvensis Lin.*

3 (15). Querschnitt durch das abwärts fünfte gefässführende Internodium eines Keimpflänzchens. Die Bezeichnung ist die nämliche wie am Grunde von Fig. 4. a b und g i f h die Stränge, die am eigenen Knoten ausgehen; m l n und r q s die Stränge für den erstobern Knoten. x die eine Spur des zweitobern Blattpaars, die andere ist mit s vereintläufig.

4 (15). Verlauf der Spurstränge in dem Stengelende eines Keimpflänzchens, das noch keine Blüthen angelegt hat, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von

Digitized by Google

innen gesehen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. a und f Stränge des ersten Blattpaars; c b und h g Stränge für das erste, e d und k i für das zweite Blattpaar der Axillaräste. l und q Stränge des zweiten Blattpaars, n m und s r Stränge für das erste, p o und u t für das zweite Blattpaar der Axillaräste. v x, y z, α β Spurstränge der 3 obersten Blattpaare. — Der Querschnitt durch das untere Ende ist in Fig. 3 abgebildet, und mit der nämlichen Bezeichnung versehen.

Fig. 5 — 7. *Cerastium frigidum Biebrst.*

5 (20). Querschnitt durch einen Zweig des Blüthenstandes. Die Bezeichnung stimmt mit Fig. 6 und 7 überein. g, k Stränge des dem Zweige angehörenden Blattpaars; n o p Blüthenstiel, in den derselbe endigt. n Strang für das unpaare Kelchblatt, o und p für die beiden Kelchblattpaare. u s i t x v r h q und v x t l s u q m r die Axillarzweige im Winkel der Blätter g und k. i h und l m die Stränge für die beiden Vorblätter der Axillarzweige; u v x die Stränge für die terminalen Blüthenstiele derselben; q r s t die Stränge für die Vorblätter der in den Achseln der Blätter h, i, m, l befindlichen Zweige.

6 (30). Verlauf der Spurstränge in dem Ende eines Stengels, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. a b, c d, e f, g k Stränge der 4 obersten Laubblattpaare. h i und l m Stränge für die Axillarzweige in den Winkeln der Blätter g und k; sie gehen in die Vorblätter derselben. n o p Stränge des terminalen Blüthenstiels; n für das unpaare Kelchblatt.

7 (20). Querschnitt durch den Grund des obersten (unter dem Blüthenstiel befindlichen) Internodiums eines Stengels. Die Bezeichnung ist die nämliche wie in Fig. 6. e und f Stränge des zweitobersten, g und k des obersten Laubblattpaars (erstere in der scheidenförmigen Basis des Blattpaars). n o p Stränge, die in den terminalen Blüthenstiel gehen. h i l m Stränge für die in den Winkeln der Blätter k und g befindlichen Zweige (resp. deren Vorblätter).

Fig. 8. *Vinca minor Lin.*

8 (25). Querschnitt durch das abwärts dritte gefässführende Glied eines Stengels. a und b Spurstränge des ersten, c und d des zweiten, e und f des dritten Blattpaars.

Taf. XII.

Fig. 1, 2. *Galium Mollugo Lin.*

1 (20). Verlauf der Blattspurstränge in einer Stengelspitze, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. a b, c d, e f, g h, i k die Stränge der 5 obersten Blatt-

Digitized by Google

paare. Die kleinen Stränge rechts und links neben a, b, c und d gehen in die Axillarzweige.

2 (22). Querschnitt durch einen Knoten des Stengelendes. a und b Stränge für die beiden Blätter, m n o p q r für die Nebenblätter; die letztern Stränge gehen aus sympodialen Gefässbögen ab.

Fig. 3. *Galium rubioides Lin.*

3 (36). Querschnitt durch die Terminalknospe. a b, c d und e f 3 successive Blattpaare; g und h die Stellen, wo die Blätter des vierten Paars sich bilden werden. m und n Nebenblätter zu a und b, o und p Nebenblätter zu c und d; q und r Nebenblätter zu e und f.

Fig. 4, 5. *Hypericum quadrangulum Lin.*

4 (20). Verlauf der Blattspurstränge in einem Stengelende, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. a b, c d, e f, g h die Spuren der successiven Blattpaare.

5 (15). Querschnitt durch das abwärts dritte gefässführende Internodium eines Stengels. Die Bezeichnung entspricht derjenigen von Fig. 4. c und d Spuren des eigenen, e und f des erstobern Blattpaars. g und h die 4 Schenkel der beiden Spurstränge vom zweitobern Paar.

Fig. 6. *Tecoma radicans Juss.*

6 (20). Verlauf der Blattspurstränge in einem Stengelende, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen geschen; die beiden Längsschnitte sind in der Zeichnung vereinigt. a b, c d, e f, g h, i k Spuren der successiven Blattpaare. a und b, die 4 Stränge einer Spur sind theilweise verschmolzen. c, zwischen den 4 Spursträngen sind einige Verbindungsstränge eingeschoben. In f ist das Verhalten der 4 Spurstränge in der Blattbasis gezeichnet (desswegen reicht f höher hinauf als e). g, h die Blattspuren bestehen erst aus den beiden mittlern, in i und k erst aus einem der beiden mittlern Stränge.

Fig. 7, 8. *Bignonia serratifolia Vahl.*

7 (20). Querschnitt durch das abwärts zweite gefässführende Glied eines Stengels. e und f Blätter des erstuntern Knotens. g und h Spuren des eigenen, i und k Spuren des nächstobern Blattpaars.

8 (15). Querschnitt des abwärts fünften gefässführenden Internodiums des gleichen Stengels. a und b Spuren des eigenen, c und d des nächstobern Blattpaars. e und f die 4 Schenkel der zwei Spurstränge vom zweitobern Paar (e und f in Fig. 7).

Digitized by Google

Fig. 9. *Fraxinus excelsior Lin.*

9 (10). Senkrechter Durchschnitt durch die Stengelspitze. a Strang des abgekehrten Blattes vom ersten Knoten. b und c die Spuren der beiden Blätter vom zweiten Paare, im senkrechten Durchschnitt. d abgekehrtes Blatt vom dritten Knoten mit der Gefässausbreitung in der Spreite und der in 2 Schenkel aus einander weichenden Spur im Stengel. Die beiden Anlagen des vierten Paars mit der Stengelspitze liegen über der Basis von d.

Taf. XIII.

Fig. 1 — 3. *Antirrhinum majus Lin.*

1. Schematische Darstellung des Strangverlaufes in einem Keimpflänzchen, in der Horizontalprojection, nach successiven Querschnitten ausgeführt. I und II die 2strängigen Cotyledonarspuren, III und IV die 2 Stränge im Cauliculus, die mit den Cotyledonen abwechseln. ABC, DEF, GHJ, KLM, NOP, QRS, TUV, XYZ, abc, def, ghi, klm, nop, qrs Spuren von 7 Blattpaaren; von den Spuren des obersten Paares sind erst die Medianstränge t und x angelegt.

2 (18). Querschnitt durch das abwärts fünfte gefässführende Glied des nämlichen Keimpflänzchens mit der gleichen Bezeichnung wie in Fig. 1.

3. Schematische Darstellung des Strangverlaufes in einem Keimpflänzchen mit 3 Cotyledonen und 2 darauf folgenden 3zähligen Blattpaaren, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; nach successiven Querschnitten ausgeführt. a, b, c Cotyledonarspuren; r, s die beiden Stränge im Stengelchen. d, e, f die Spuren des Primordialblattquirls; g, h, i die Spuren des zweiten Quirls. k, l l die Spuren des nächsten, m, n des zweitnächsten, o, p des drittnächsten Blattpaars; q der Medianstrang des einen Blattes vom vierten Paar.

Fig. 4 — 7. *Anagallis arvensis Lin.*

4 (15). Querschnitt durch das ausgebildete Glied eines Stengels mit 3zähligen Blattquirlen. Die 6 Gefässstränge sind aus 12 ursprünglich getrennten (a b c d e f g h i k l m) durch Verschmelzung entstanden. a b, c d, e f die ursprünglichen Spurstränge für den eigenen, g h, i k, l m für den erstobern Blattquirl.

5 (50). Querschnitt durch ein junges Internodium eines Stengels mit opponirten Blättern. a b und c d die Spuren des eigenen, e f und g h des erstobern Blattpaars. Später vereinigen sich a f, e d, c h und g b.

6 (30). Querschnitt durch das junge Internodium eines Stengels mit 3zähligen Blattquirlen. a b, c d, e f Spuren des eigenen, g h, i k, l m des erstobern Quirls; m ist mit a vereint.

7 (20). Querschnitt durch das ausgebildete Glied eines Stengels mit 3zähligen Quirlen. Die Stranganordnung war ursprünglich die nämliche wie in

Digitized by Google

Fig. 6; jetzt haben sich die Stränge vereinigt; ihre Bezeichnung ist die gleiche wie in Fig. 6 (nur dass a und b mit einander vertauscht wurden).

Taf. XIV.

Fig. 1, 2, 4, 5. *Clematis Viticella Lin.*

1 (40). Ein Zweigende, von welchem die Blätter abgelöst, ein Theil der Rinde auf der zu- und abgekehrten Seite weggeschnitten, und das Gewebe durch Aetzkali und schwachen Druck durchsichtig gemacht wurde. a b c, d e f, g h i, k l m, n o p, q r s Spuren dreier successiver Blattpaare; a, d, g, k, n, q Mediannstränge. Von dem vierten Paar sind erst die beiden Mediannstränge t und x angelegt. $\alpha\ \beta$, $\gamma\ \delta$ das 5. und 6. Blattpaar. Die Mediannstränge g, k, n und q spalten sich am Grunde in 2 Schenkel; alle übrigen Stränge des 2., 3. und 4. Knotens (h i, l m, o p, r s) biegen einseitig aus.

2. Schematische Darstellung des Strangverlaufes in einem Zweigende wie Fig. 1, in der Horizontalprojection. a b c, d e f, g h i, k l m, n o p, q r s, t u v, x y z Spuren von 4 successiven Blattpaaren; von dem vierten sind erst die Mediannstränge α und β sichtbar.

4 (20). Querschnitt durch einen ausgebildeten jährigen Zweig. a b c und d e f die beiden Spuren des nächsten Blattpaars.

5 (10). Querschnitt durch einen Zweigknoten. a b c und d e f die beiden daselbst austretenden Blattspuren; r r und s s die Stränge für die Axillarknospen der Blätter a b c und d e f. g h i und k l m die Spuren des Blattpaars vom erstobern Knoten.

Fig. 3. *Clematis Vitalba Lin.*

3 (15). Verlauf der Blattspurstränge in einem Zweigende, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. a b c, d e f, g h i, k l m, n o p, q r s die Spuren dreier successiver Blattpaare. Vom vierten Paar sind erst die beiden Mediannstränge t und x theilweise sichtbar.

Fig. 6—8. *Russelia juncea Zuccar.*

6 (20). Verlauf der Spurstränge in einem jungen Quirlzweig, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. a und b die Stränge der beiden Vorblätter. c d e, f g h, i k l, m n o die Spuren der darauf folgenden 3zähligen Quirle. In dem zweiten Internodium (zwischen a b und c d e) wurde ein Stück weggelassen. Neben c und e befindet sich ein Paar von Strängen für den Axillarzweig dieser Blätter; c ist doppelt gezeichnet.

7 (15). Querschnitt durch das abwärts 6. gefässführende Internodium eines Zweiges mit 4zähligen Quirlen, mit 4 Gefässpartien, die denen am Grunde von Fig. 7 entsprechen.

Digitized by Google

8 (12). Verlauf der Spurstränge in einem Zweigende mit 4zähligen Quirlen, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. a b c d, e f g h, i k l m, n o p q, r s t u, v x y z die Spuren von 6 auf einander folgenden Quirlen; von denen des obersten Quirls ist erst der eine Schenkel gebildet. — Der Querschnitt durch das untere Ende ist in Fig. 7 gezeichnet.

Taf. XV.

Fig. 1, 2. *Urtica Dodartii Lin.*

1. Schematische Darstellung des Strangverlaufes in einem Keimpflänzchen, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen, nach Längs- und Querschnitten ausgeführt. A und B Spuren der beiden Cotyledonen; A′ und B′ Stränge ihrer Axillarknospen. a b c und d e f Spuren der Primordialblätter. g h i, k l m, n o p, q r s, t u v, x y z Spuren von 3 folgenden Blattpaaren. Von dem obersten sind erst die beiden Medianstränge α und β sichtbar. a′, d′, g′, k′ Stränge für die Axillarknospen der Blätter a b c, d e f, g h i, k l m. — A, B, C, D die 4 Stränge im Cauliculus.

2 (35). Querschnitt durch ein oberes Glied eines Keimpflänzchens; die Bezeichnung ist die nämliche wie im aufwärts dritten Internodium von Fig. 1. g h i und k l m die beiden Spuren des eigenen Blattpaars; n o p und q r s diejenigen des erstobern Paars.

Fig. 3—5. *Stachys angustifolia Biebrst.*

3 (35). Querschnitt durch ein Glied des Stengelendes, entsprechend dem aufwärts zweiten Internodium von Fig. 5. c und d die Spuren des eigenen Blattpaars, e und f diejenigen des nächstobern Paars.

4 (35) Querschnitt durch den Knoten eines Stengelendes, entsprechend dem aufwärts ersten Knoten von Fig. 5 und dem Grunde des in Fig. 3 gezeichneten Internodiums. a und b die Stränge, welche in die Blätter ausgehen. c und d die Spuren des nächstobern Blattpaars. Von den 4 Strängen des zweitobern Paars sind die 2 auf der linken Seite mit d, d verschmolzen, die 2 auf der rechten Seite (e und f) noch getrennt, was eine Folge davon ist, dass der Schnitt etwas schief geführt wurde.

5 (25). Verlauf der Blattspurstränge in einem Stengelende, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen geschen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. a, b, c, d, e, f, g, h die Spuren von 4 successiven Blattpaaren. Vom obersten Paar ist erst je der eine Strang gebildet, i und k.

Fig. 6—7. *Lonicera Spec.*

6. Schematische Darstellung des Strangverlaufes in einem Zweigende, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; nach successiven Quer-

Digitized by Google

schnitten ausgeführt. abc, def, ghi, klm, nop, qrs, tuv, xyz die Spuren von 4 successiven Blattpaaren. Von dem obersten Paar sind erst die Medianstränge (α, β) gebildet. — Mehrere der abwärts folgenden Internodien des gleichen Zweiges zeigten die nämliche Anordnung der 16 Spurstränge, wie die 2 untern Glieder dieser Figur.

7 (45). Querschnitt durch das abwärts 4. gefässführende Glied eines Zweiges, entsprechend dem zweituntern Internodium von Fig. 6; die Bezeichnung ist die nämliche. — ghi und klm die Spuren des eigenen Blattpaars. nop und qrs die des erstobern Paars. uv und yz die lateralen Stränge vom zweitobern Paar.

Taf. XVI.

Fig. 1. *Centranthus ruber DC.*

1. Schematische Darstellung des Blattspurverlaufes in dem laubblatttragenden Stengelende, in der Horizontalprojection, nach Quer- und Längsschnitten ausgeführt. abc, def, ghi, klm, nop, qrs, tuv, xyz, α, β Spuren von 5 successiven Blattpaaren.

Fig. 2 — 5. *Humulus Lupulus Lin.*

2 (55). Querschnitt durch den Grund des abwärts zweiten gefässführenden Internodiums eines Stengels. Von dem unterhalb befindlichen Knoten sieht man nur Bruchstücke (die Axillarknospe des einen Blattes a und etwas von den Nebenblättern b, e); abc, def bezeichnen die Stellen, wo die 6 Blattspurstränge dieses Knotens ausgetreten sind, welche alle, mit Ausnahme von b und e, durch den Schnitt wegfielen; a und d Medianstränge. hi und lm die lateralen Stränge für den folgenden, op und rs die lateralen Stränge für den zweitnächsten Knoten. Die dazu gehörigen Medianstränge (nämlich g zu hi, k zu lm, n zu op und q zu rs) sind noch nicht sichtbar.

3 (55). Querschnitt durch das oberste gefässführende Internodium eines Stengels. bc und ef die seitlichen Stränge des nächsten Blattpaars; die medianen (a zwischen b und c, d zwischen e und f) sind noch nicht angelegt.

4 (55). Querschnitt durch den Grund eines Gliedes der Stengelspitze; von dem untern Knoten ist die eine Axillarknospe sichtbar. abc und def Spuren des nächsten, ghi und klm des zweitnächsten Blattpaars. Die Medianstränge a, d, g, k sind schwächer als die zugehörigen lateralen.

5 (55). Querschnitt dicht über dem abwärts dritten gefässführenden Knoten eines Stengels. abc und def die 6 Stränge seines Blattpaars, a und d im Blattstiel, bc und ef in die Nebenblätter. ghi und klm die Spuren des erstobern Paars; g und k Medianstränge. Von den Spuren des zweitobern Paars sind erst die lateralen Stränge op und rs vorhanden; die medianen kommen vor a und d zu liegen.

Digitized by Google

Fig. 6, 7. *Acer Pseudoplatanus Lin.*

6 (30). Querschnitt durch das abwärts fünfte gefässführende Stengelglied. Die Bezeichnung ist die nämliche wie in Fig. 7. abc, def, ghi, klm, nop, qrs die Spuren von 3 successiven Blattpaaren; nn und qq die beiden Schenkel der Medianstränge. tt und xx die Schenkel der Medianstränge von der obersten Blattspur.

7. Schematische Darstellung des Spurstrangverlaufes auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen, nach successiven Querschnitten ausgeführt. abc, def, ghi, klm, nop, qrs, tuv, xyz die Spuren von 4 successiven Blattpaaren. α und β die Medianstränge der obersten Spur. — Der Querschnitt durch das untere Ende ist mit der nämlichen Bezeichnung in Fig. 6 dargestellt.

Taf. XVII.

Fig. 1, 2. *Tagetes signata Bartl.*

1. Schematische Darstellung des Spurstrangverlaufes in einem Stengelende, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen, nach successiven Querschnitten ausgeführt. abc, def, ghi, klm, nop, qrs, tuv, xyz die Spuren von 4 successiven Blattpaaren. Ein dem untern Ende entsprechender Querschnitt ist in Fig. 2 dargestellt.

2 (20). Querschnitt durch ein Internodium des Stengelendes; die Bezeichnung ist die nämliche wie am Grunde von Fig. 1. abc und def Spuren des eigenen Blattpaars; ghi und klm Spuren des erstobern, nop und qrs des zweitobern Paars. a, d, g, k, n, q Medianstränge; n und q mit h und i verschmolzen; p und s in 2 Schenkel getheilt.

Fig. 3, 4. *Sambucus nigra Lin.*

3. Schematische Darstellung des Verlaufes der Spurstränge in einem Stengelende, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen, nach successiven Querschnitten ausgeführt. I, II, III, IV, V die 5 obersten gefässführenden Knoten. abcde und fghik die Spuren von I und III, lmnop und qrstu die Spuren von II und IV. a, f, l, q Medianstränge; die Randstränge ie, dk, ou, tp sind vereintläufig. Von den Spuren von V sind erst die beiden Medianstränge (a und f) sichtbar. — Der Querschnitt durch das untere Ende ist in Fig. 4 mit der nämlichen Bezeichnung dargestellt.

4 (10). Querschnitt durch das abwärts fünfte gefässführende Glied des Zweiges, dessen Strangverlauf Fig. 3 zeigt; die Bezeichnung ist die gleiche. abcde und fghik Spuren des eigenen, lmnop und qrstu Spuren des erstobern Blattpaars. ie und dk sind vereintläufig; l und q in 2 Schenkel gespalten.

Digitized by Google

Fig. 5. *Aesculus macrostachya Michx.*

5 (10). Verlauf der Spurstränge in einem Zweigende, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. abc, def, ghi, klm, nop, qrs die Spuren der 3 obersten Blattpaare.

Fig. 6, 7. *Mercurialis perennis Lin.*

6 (18). Querschnitt durch das abwärts 6. gefässführende Stengelglied; die Bezeichnung ist die nämliche wie im Grunde von Fig. 7. abc und def die Spuren des eigenen Blattpaars; ce und bf vereintläufig. hi und lm die lateralen Stränge der erstobern Spur. $\varepsilon\varepsilon$ und $\zeta\zeta$ die Stränge für die Axillarzweige der Blätter.

7 (12). Verlauf der Spurstränge in einem Stengelende, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. abc, def, ghi, klm, nop, qrs, tuv, xyz, α, β die Spuren von 5 successiven Blattpaaren. Von den obersten Spuren sind erst die Medianstränge (γ und δ) gebildet. $\varepsilon\varepsilon$, $\zeta\zeta$, $\vartheta\vartheta$, $\eta\eta$ die Stränge für die Axillarknospen der Blätter a, d, g und k. — Der Querschnitt durch das untere Ende ist in Fig. 6 mit der gleichen Bezeichnung dargestellt.

Taf. XVIII.

Fig. 1, 2. *Pisonia hirtella H. B.*

1 (20). Verlauf der Spurstränge in dem Stengelende, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. a, b, c, d, e, f die Spuren von 3 successiven Blattpaaren. e^1 e^2 und f^1 f^2 die beiden Schenkel, in die sich die vereintläufige Spur e und f spaltet; e^1 und f^1 stärker und zuerst entstanden. gh, ik, lm und no schwache Stränge, die von den Biegungsstellen der Lateralstränge der Spuren d, c, f und e entspringen. Dem untern Ende entspricht der in Fig. 2 gezeichnete Querschnitt.

2 (20). Querschnitt durch den abwärts dritten gefässführenden Knoten eines Zweiges; die Bezeichnung ist die nämliche wie an dem untern Ende von Fig. 1. a und b die Spuren des eigenen Blattpaars. c und d die vereintläufigen Spuren des erstobern Paars; g, h, i und k die schwachen Stränge, die von den lateralen des letztern entspringen.

Fig. 3—7. *Dioscorea Batatas Dcsne.*

3. Schematische Darstellung des Verlaufes der Spurstränge in einem Zweigstücke mit schraubenständigen Blättern, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen. abc, def, ghi, klm vier successive Blattspuren bei ihrem Austritte. nop, qrs, tuv, xyz, $\alpha\beta\gamma$ die Spuren von 5 folgenden Blättern,

Digitized by Google

v y und z β vereintläufig. — Dem untern Ende entspricht der in Fig. 4 mit der nämlichen Bezeichnung versehene Querschnitt.

4 (20). Querschnitt durch ein Zweiginternodium; die Bezeichnung ist die gleiche wie am untern Ende von Fig. 3. a b c Spur des eigenen, d e f des erstobern, g h i des zweitobern, k l m des drittobern, n o p des viertobern Blattes. i l und o m sind vereintläufig.

5 (40). Querschnitt durch das Internodium eines Zweiges mit gegenständigen Blättern; die Bezeichnung ist die gleiche wie am Grunde von Fig. 7. a b c und d e f Spuren des eigenen Blattpaars; g h i und k l m Spuren des erstobern Paars.

6 (40). Querschnitt durch den Grund des auf Fig. 5 nach oben folgenden Internodiums. g h i und k l m die Spuren des eigenen Blattpaars; von denjenigen des erstobern sind nur die lateralen Stränge o p und r s vorhanden, weil die Schenkel der medianen sich bereits damit vereinigt haben.

7. Schematische Darstellung des Strangverlaufes in einem Zweigende, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen. a b c und d e f, g h i und k l m, n o p und q r s, t u v und x y z Spuren von 4 successiven Blattpaaren. Dem untern Ende entspricht der Querschnitt in Fig. 5.

Fig. 8. *Phytolacca dioica Lin.*

8 (2). Querschnitt durch einen diessjährigen Ast. a, b, c, d, e, f, g, h, i, k, l die im Mark befindlichen Mediantränge von 11 successiven Blattspuren, von denen a die unterste, l die oberste ist. m, n, o, p, q 5 (an einer Stelle 4) Fibrovasalringe. r grüne Rinde.

Taf. XIX.

Fig. 1. *Dioscorea Batatas Dcsne.*

1 (20). Querschnitt durch einen Zweig mit alternirenden Blättern. a b c Spur des nächsten Blattes.

Fig. 2—4. Wurzeln von *Cocculus laurifolius DC.*

2 (15). Querschnitt durch ein Wurzelende; am Umfange des centralen Cambiumcylinders sind 4 ursprüngliche Vasalbündel sichtbar.

3 (15). Querschnitt durch das nämliche Wurzelende; etwas höher (grundwärts). Die ursprünglichen Vasalbündel sind durch Holzmasse vereinigt.

4 (15). Querschnitt durch einen etwas dickern Wurzelast. Von dem centralen Fibrovasalcylinder, an dessen Umfang man die 4 ursprünglichen Vasalbündel erkennt, gehen 8 Fibrovasalstrahlen aus; dazwischen die breiten Parenchymstrahlen. c, c Cambium; m, m Strahlenmeristem; l Bastring; p Periderm; r Rindenparenchym.

Digitized by Google

Fig. 5. *Chamaedorea elatior Mart.*

5. Schematische Darstellung des Verlaufes der Mediannerven von 4 successiven Stengelblättern (a, b, c, d, von denen a das unterste, d das oberste ist), in der Horizontalprojection. m Mittelpunct, p p p p Peripherie. a a′ Verlauf durch 3, b b′ durch 4, c c′ durch 5, d d′ durch 6 Internodien.

Fig. 6. *Euphorbia Lathyris Lin.*

6 (15). Verlauf der Spurstränge in einem Keimpflänzchen, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; die beiden Längsschnitte wurden in der Zeichnung vereinigt. a b c und d e f Cotyledonarspuren. g h i und k l m, n o p und q r s, t u v und x y z, α und β die Spuren der 4 auf die Samenlappen folgenden Blattpaare. Von dem obersten Paar sind erst die Mediannerven theilweise sichtbar, γ und δ.

Fig. 7, 8. Wurzeln von *Phytolacca dioica Lin.*

7 (40). Querschnitt durch ein Wurzelende. In dem centralen Cambiumcylinder hat sich erst eine Reihe von Gefässen gebildet, von denen die 2 innersten grösser und noch dünnwandig sind.

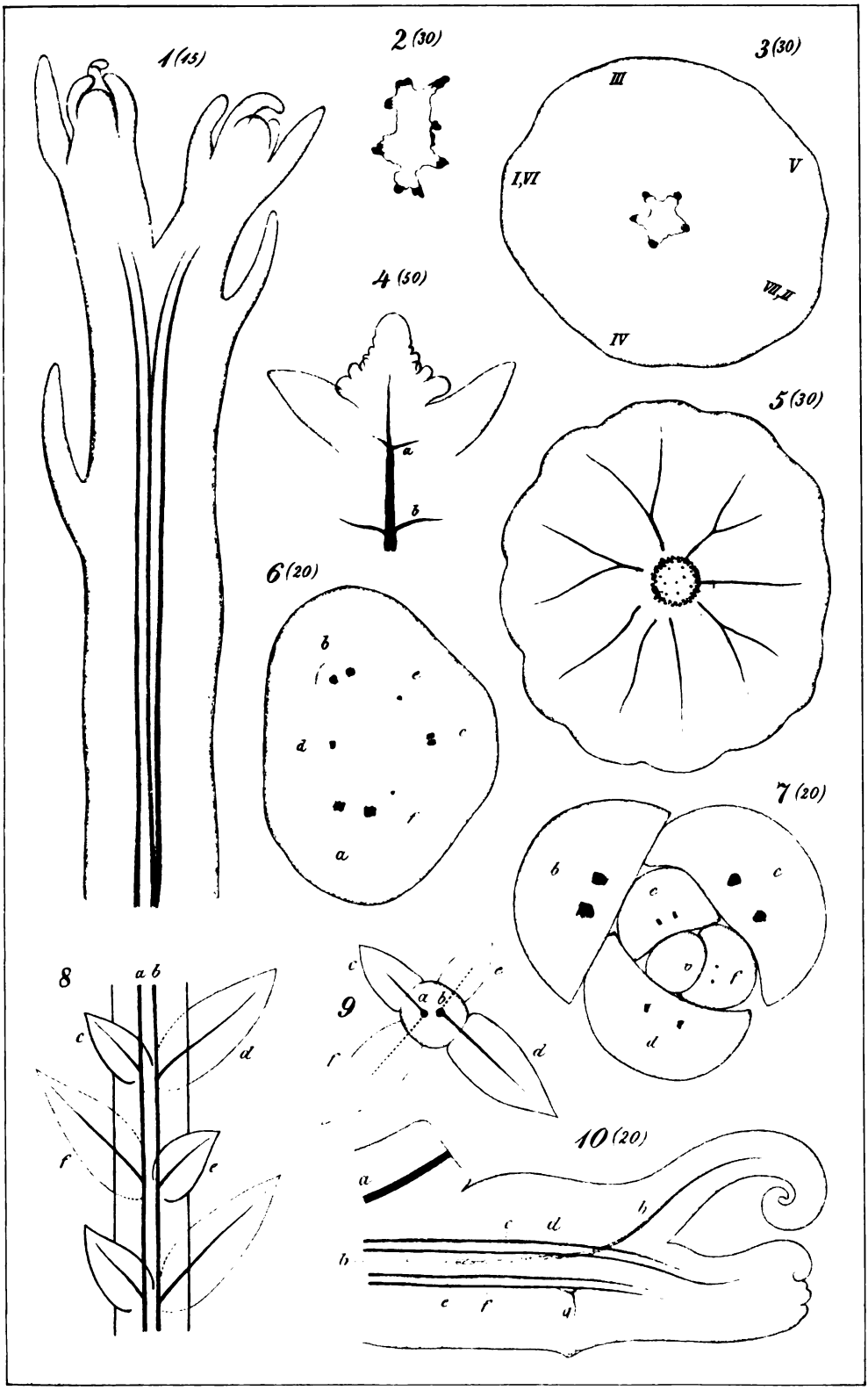
8 (15). Querschnitt durch den innern Theil einer 14 Mill. M. dicken Wurzel. Von dem centralen Fibrovasalcylinder, in welchem man die beiden getrennten Hälften der ursprünglichen Vasalreihe (Fig. 7) erkennt (nämlich die eine oben, die andere rechts unten, als dunkle radiale Streifen), gehen 8 Fibrovasalstrahlen aus. a, a zwei Strahlen, die nicht mit dem centralen Cylinder zusammenhängen. c, c Cambiform.

Zu berichtigen.

Pag. 10, Zeile 8 von unten soll es heissen: polyarche (Fibrovasalmassen) kommen in den Stengeln der Lycopodiaceen, in den Stengeln und Blättern von Marsileaceen und andern Cryptogamen sowie auch von Phanerogamen, und allgemein in den Wurzeln vor.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

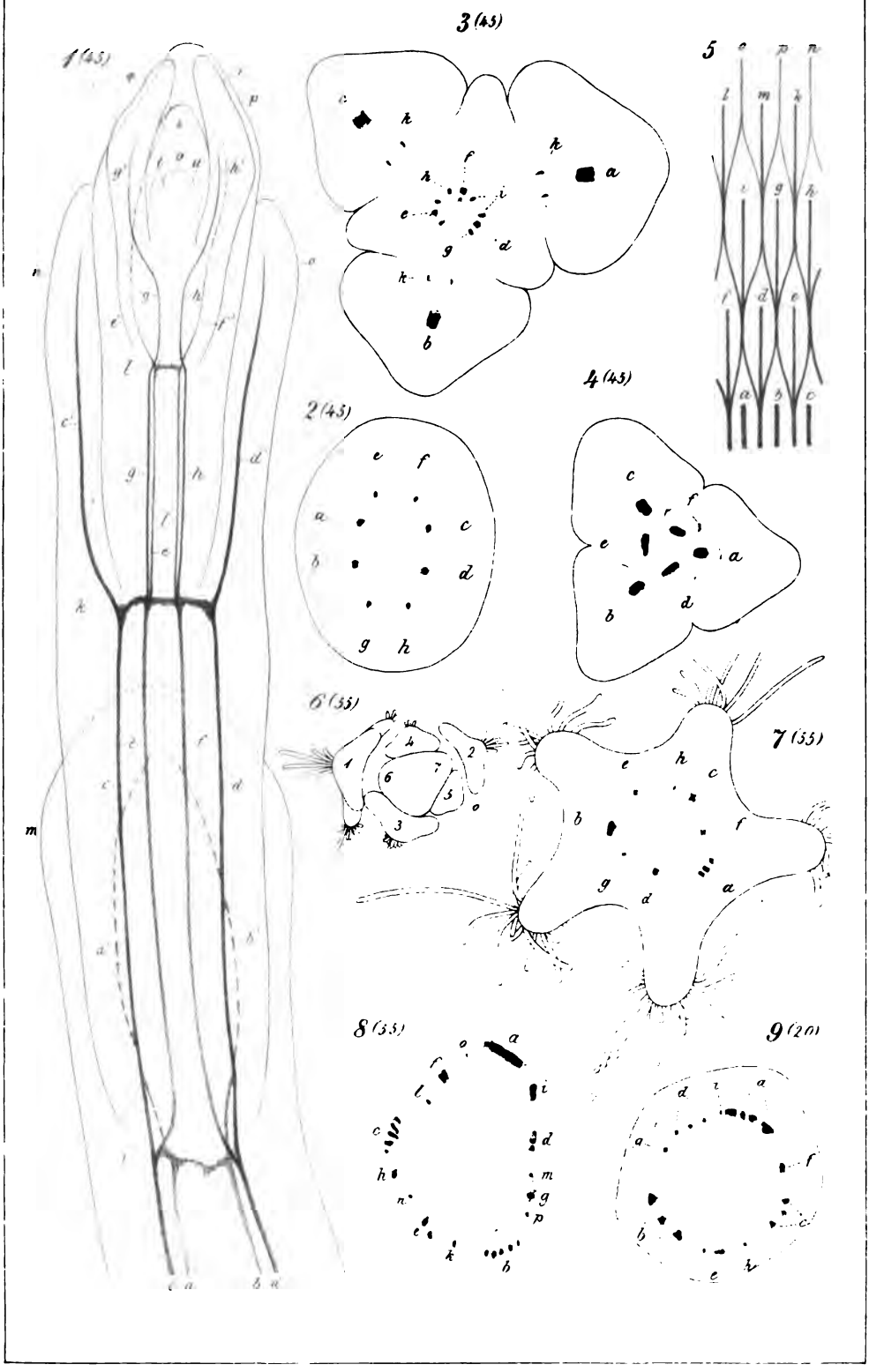
Digitized by Google



1-3 Psilotum. 4, 5 Hippuris. 6, 7 Salisburia. 8, 9 Selaginella. 10 Marsilea.

Digitized by Google

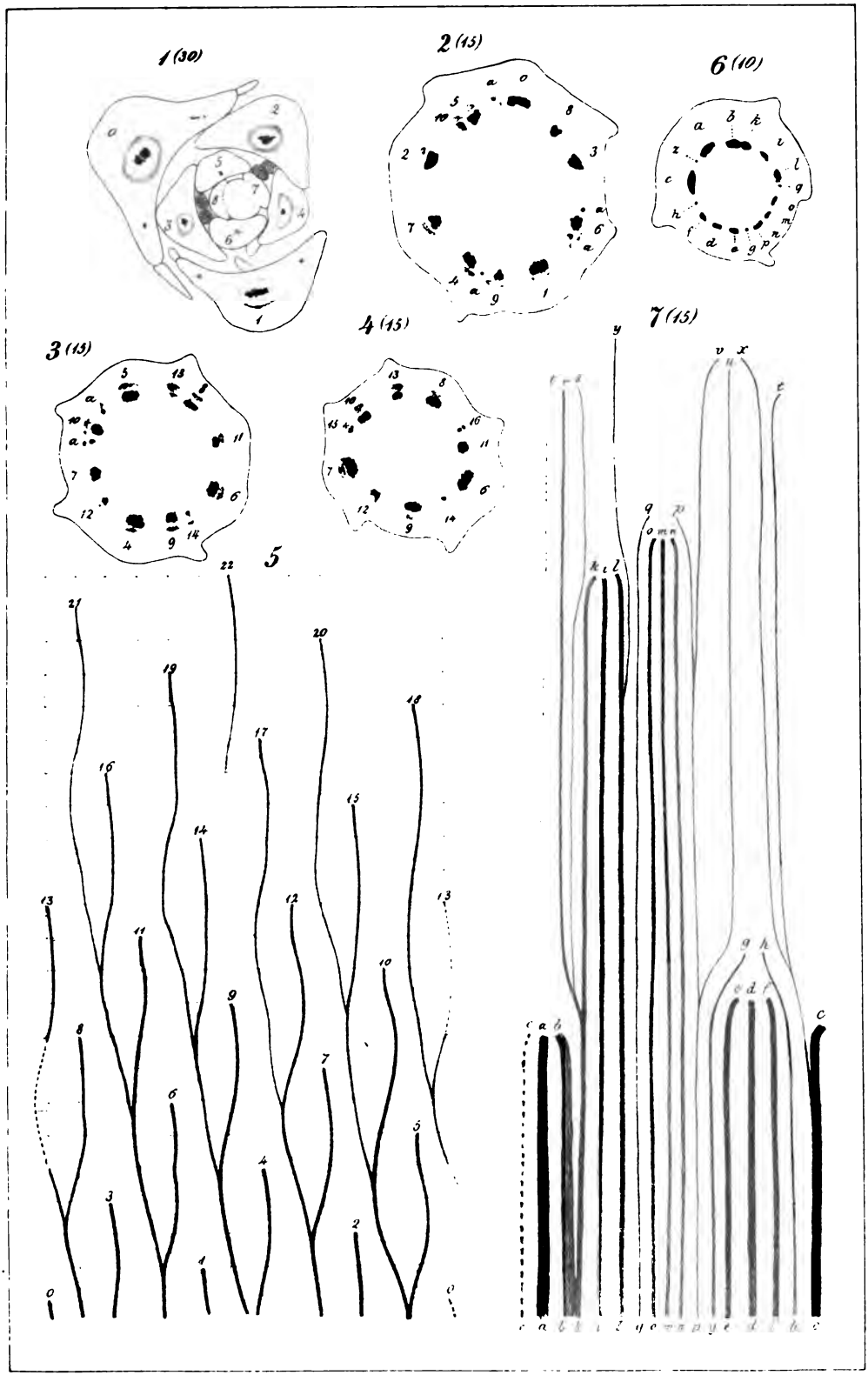
Digitized by Google



1, 2 Ephedra. 3-5 Juniperus. 6-8 Sarothamnus. 9 Lepidium.

Digitized by Google

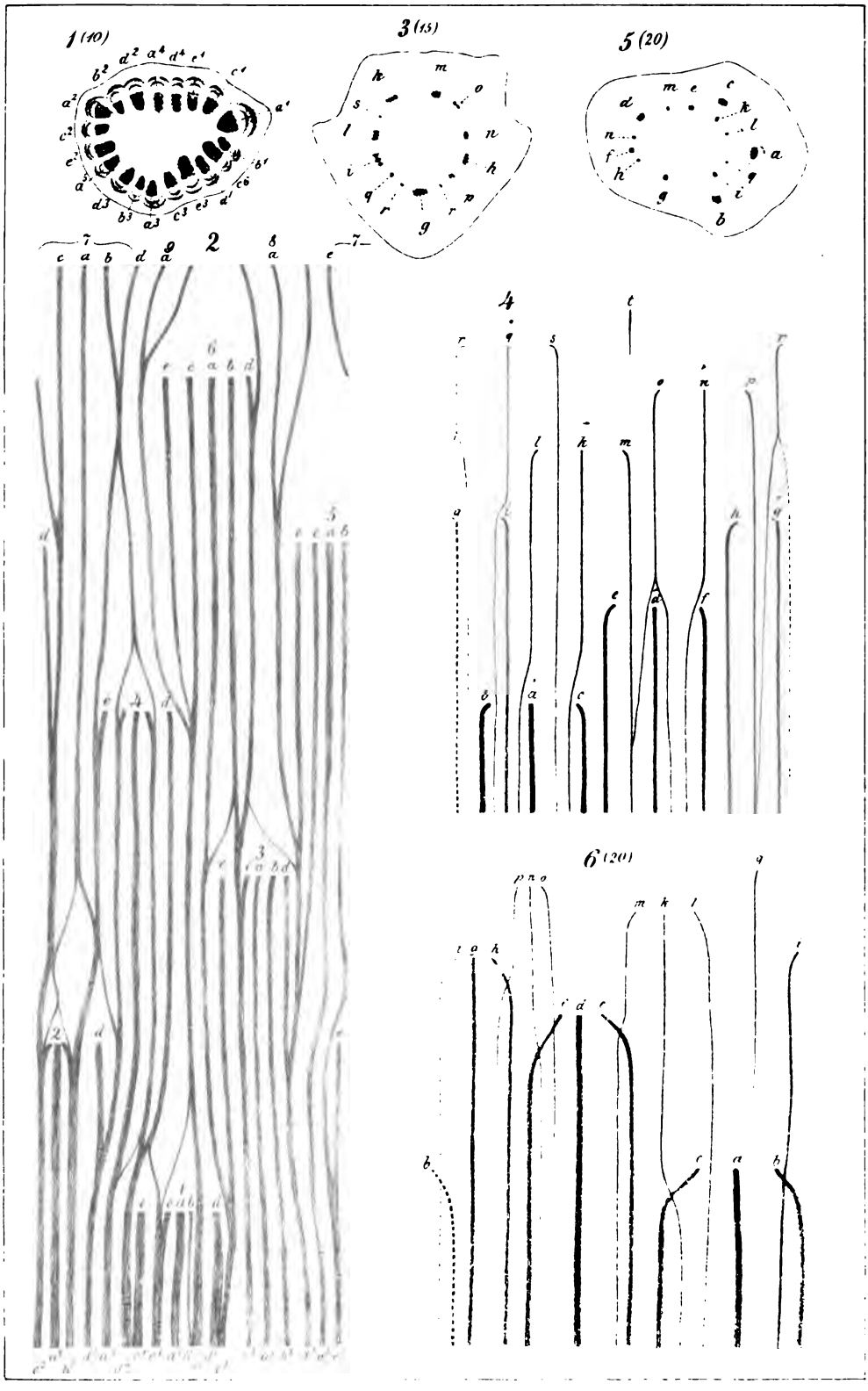
Digitized by Google



1-5 Iberis. 6, 7 Scopolina.

Digitized by Google

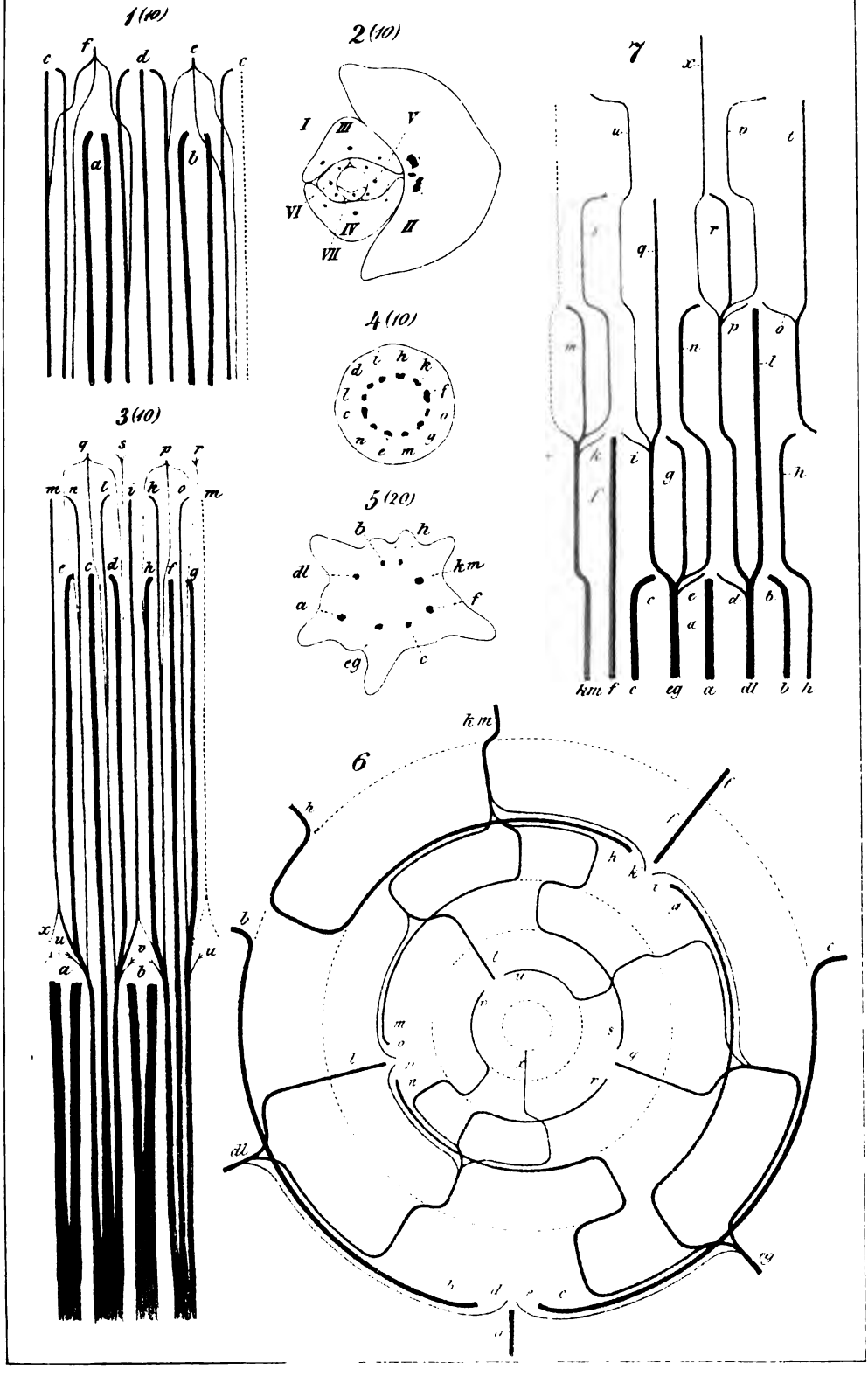
Digitized by Google



1, 2 Cocculus. 3, 4 Ribes. 5, 6 Prunus.

Digitized by Google

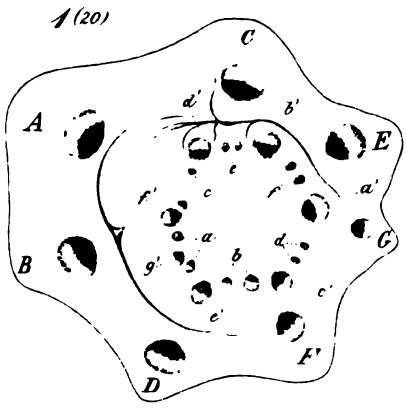
Digitized by Google

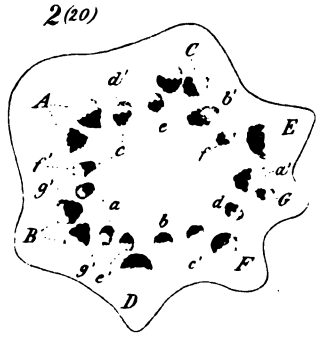


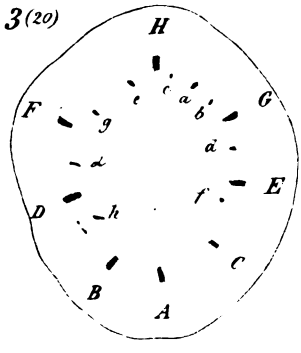
1-4 Lupinus. 5-7 Passiflora.

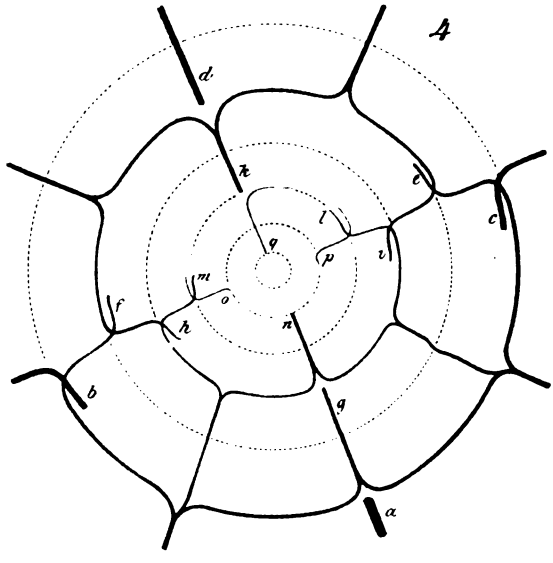
Digitized by Google

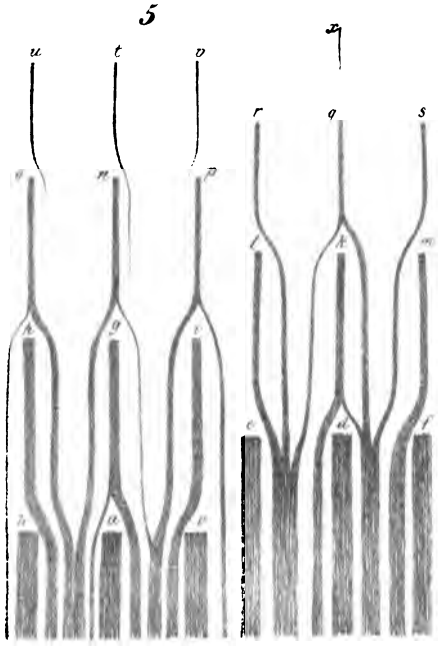
Digitized by Google

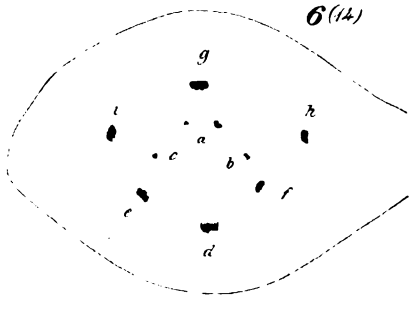


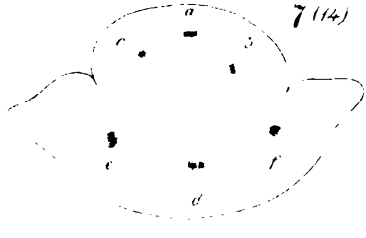








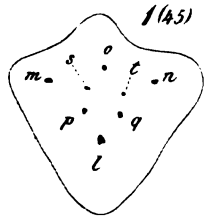


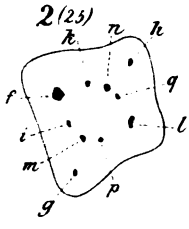


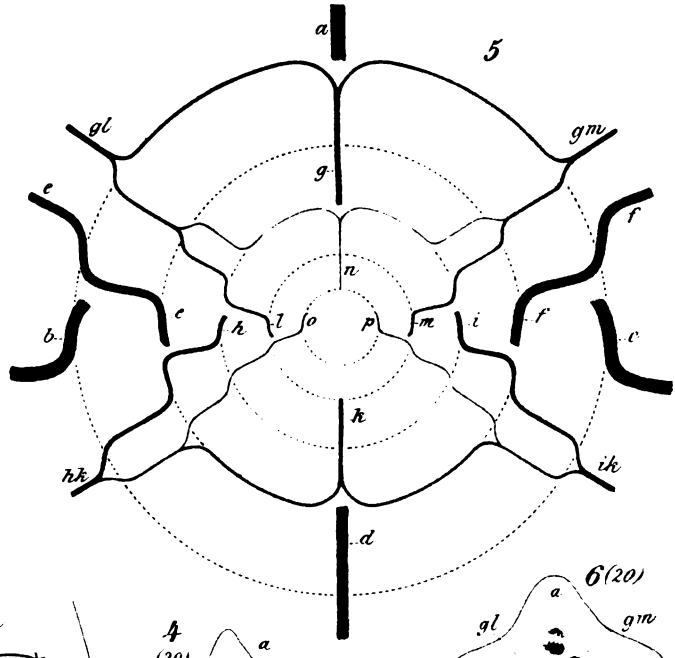
1, 2 Saururus. 3 Liriodendron. 4 Lathyrus. 5–7 Hertia.

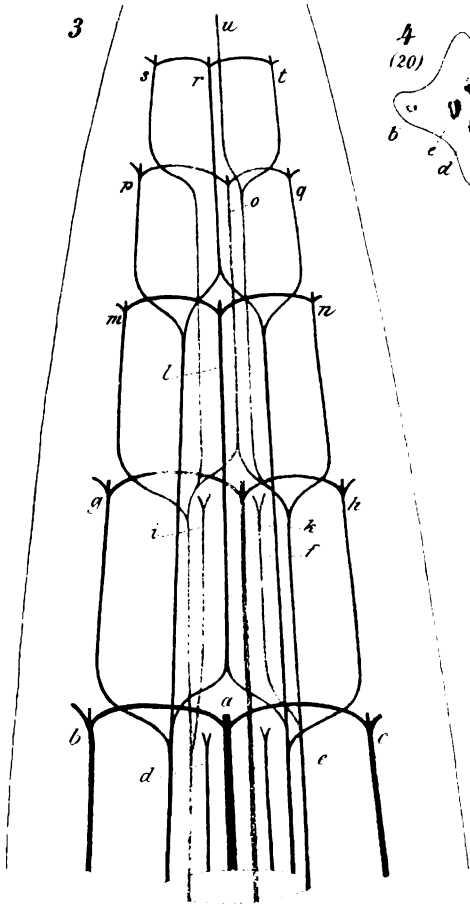
Digitized by Google

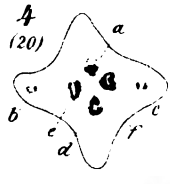
Digitized by Google

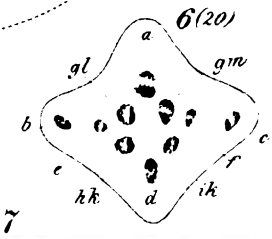


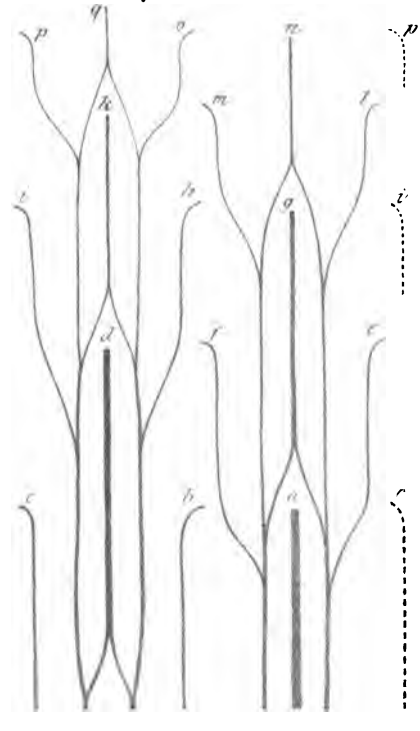








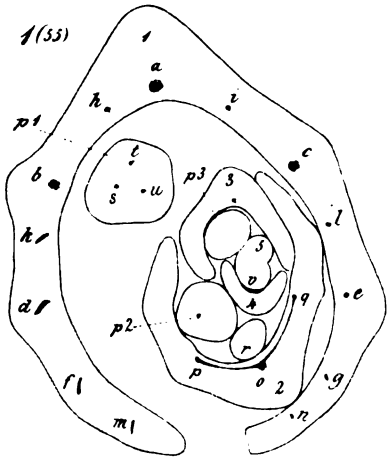


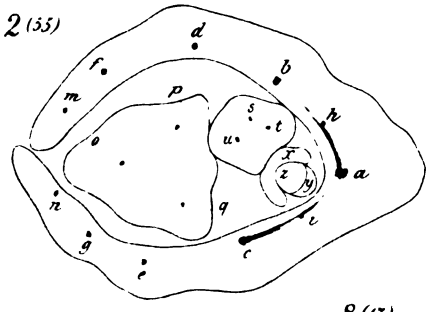


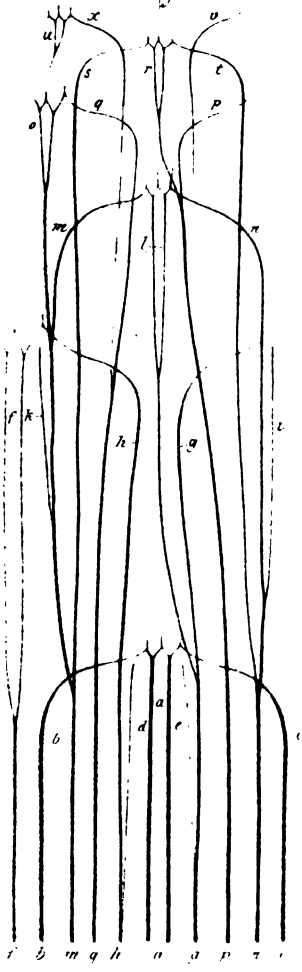
Lathyrus.

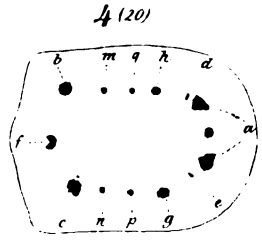
Digitized by Google

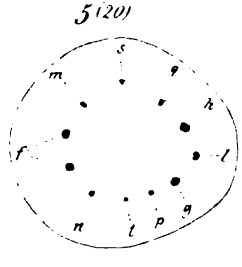
Digitized by Google

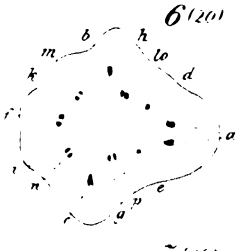


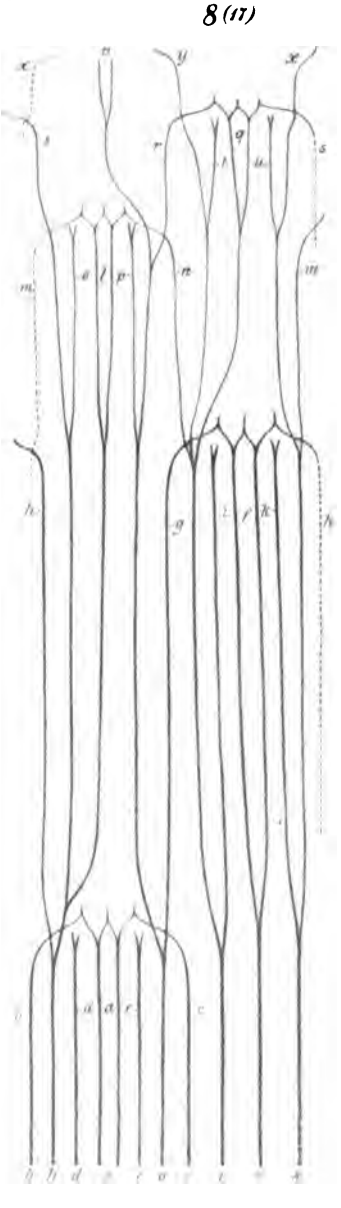








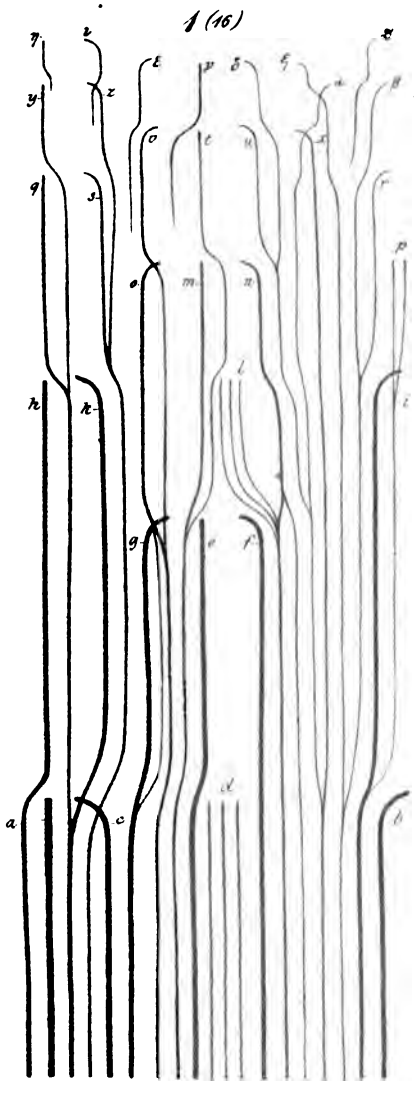


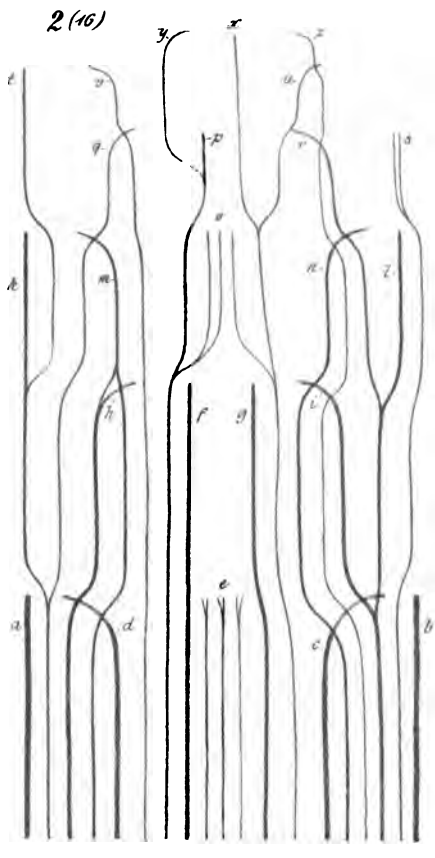


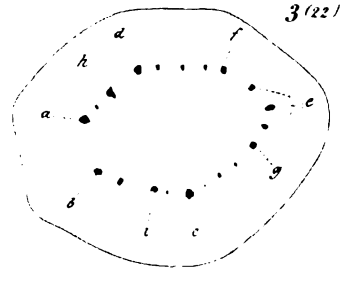
1, 2 Lathyrus. 3–8 Aristolochia.

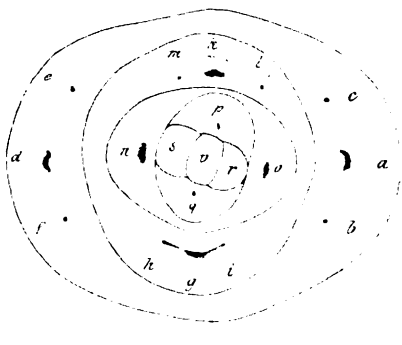
Digitized by Google

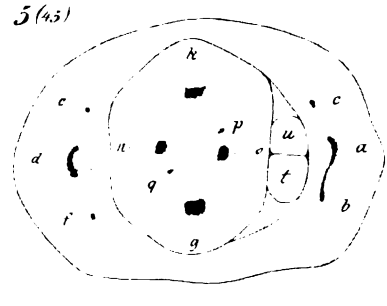
Digitized by Google







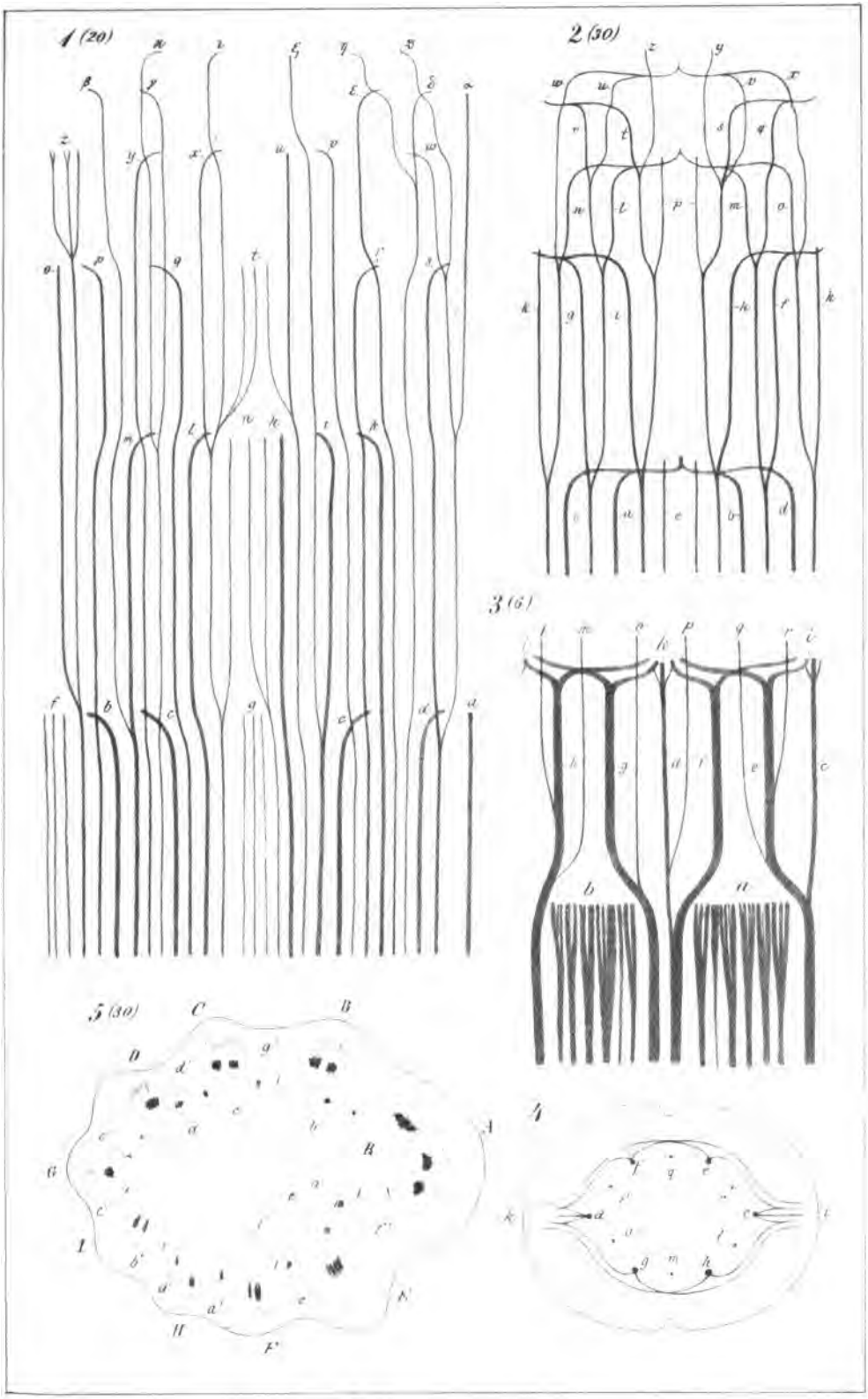




1-3 Ampelopsis. 4-5 Alsine.

Digitized by Google

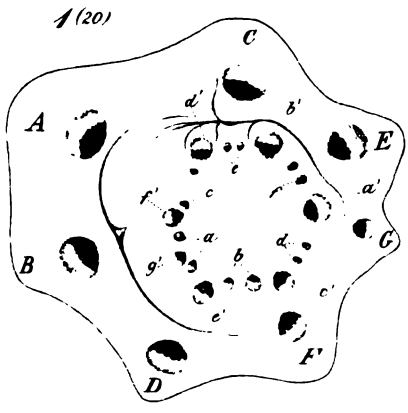
Digitized by Google

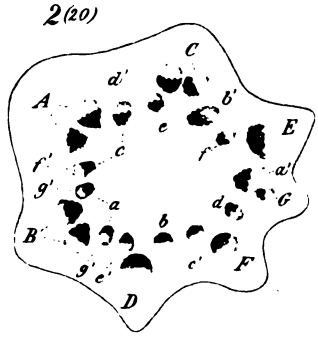


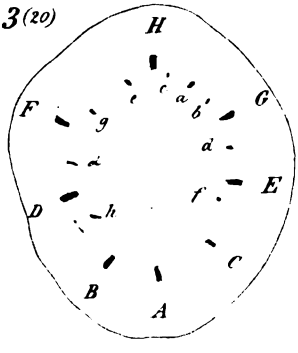
1 Vitis. 2-4 Phaseolus. 5 Platanus.

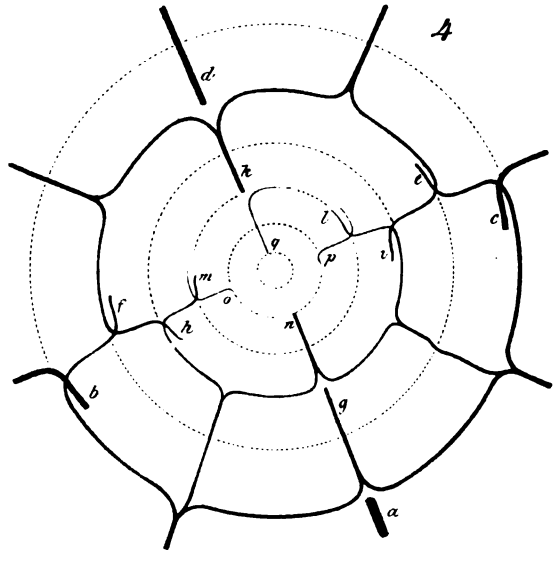
Digitized by Google

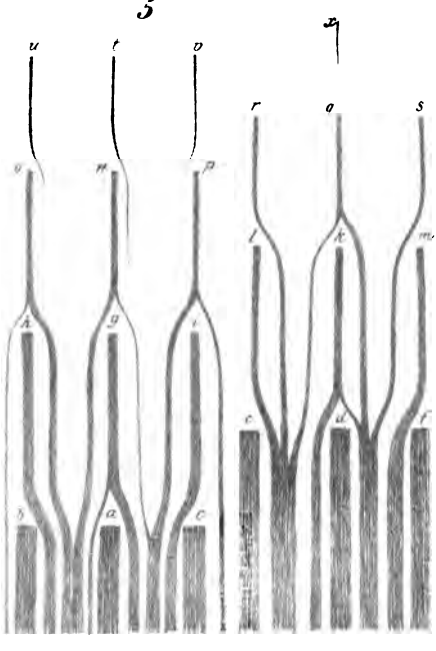
Digitized by Google

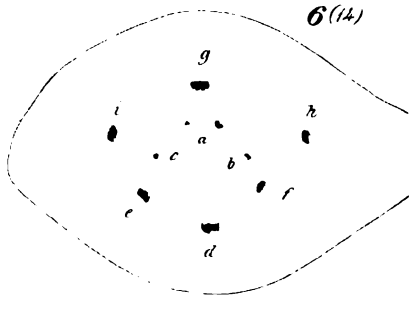








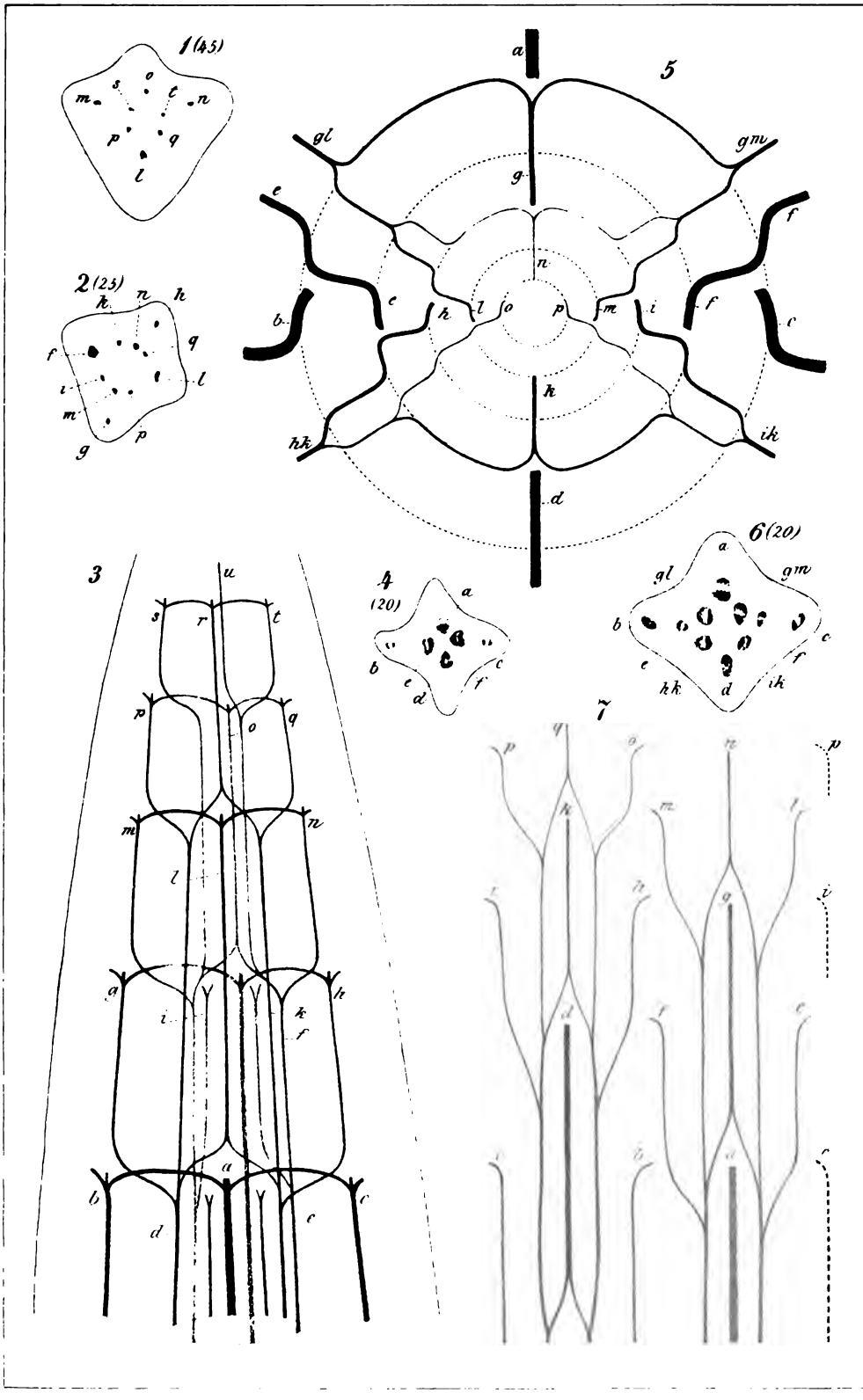




1, 2 Saururus. 3 Liriodendron. 4 Lathyrus. 5–7 Herlia.

Digitized by Google

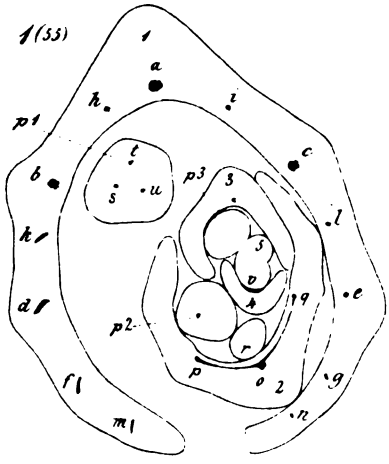
Digitized by Google

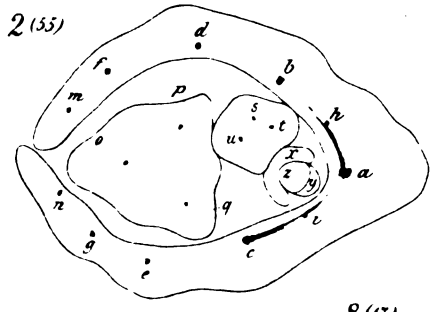


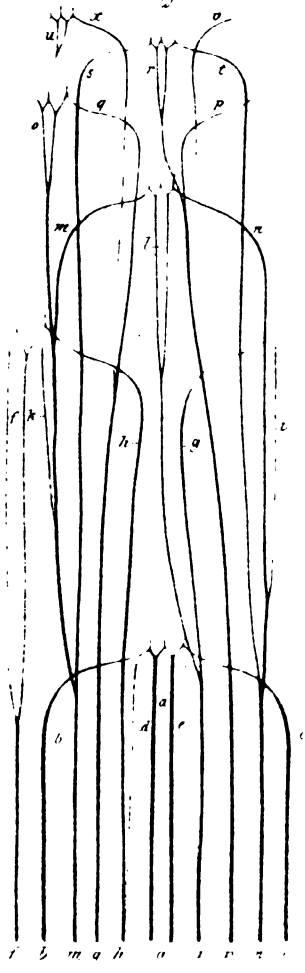
Lathyrus.

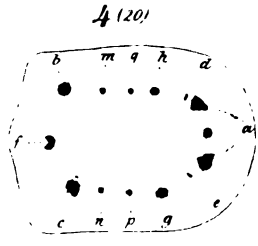
Digitized by Google

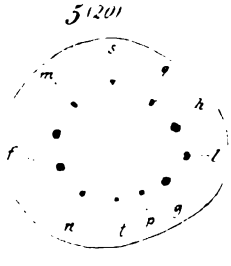
Digitized by Google

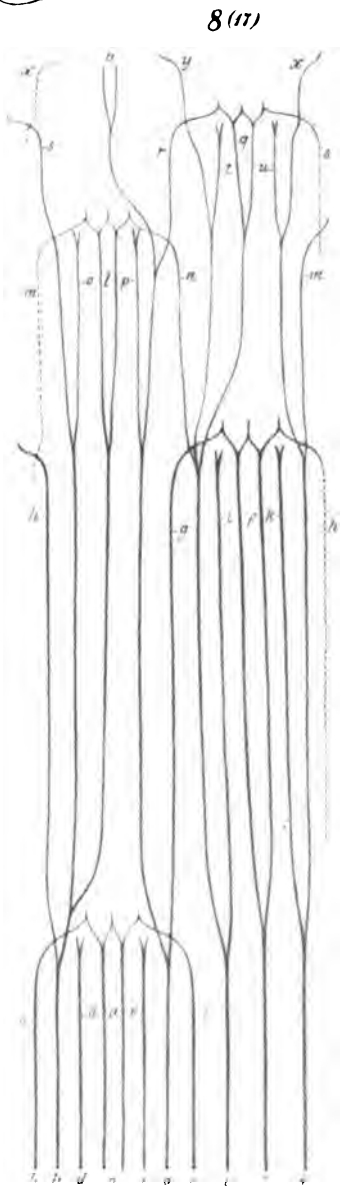








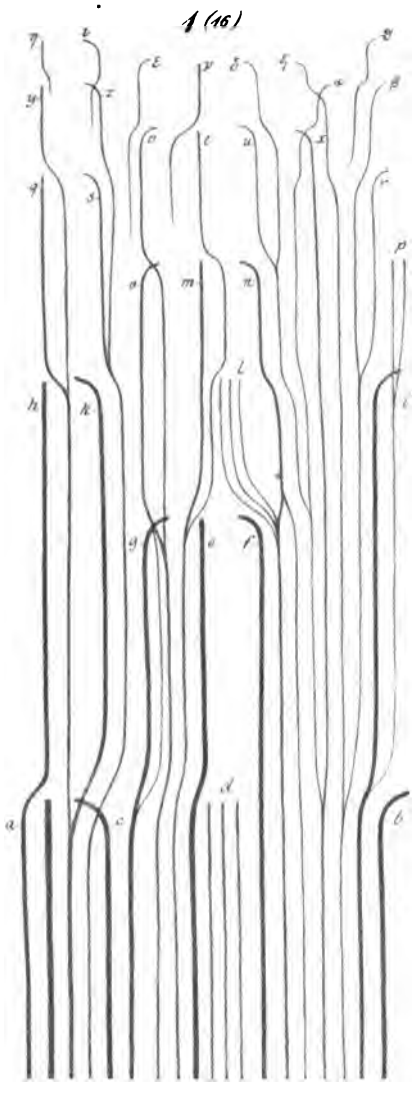


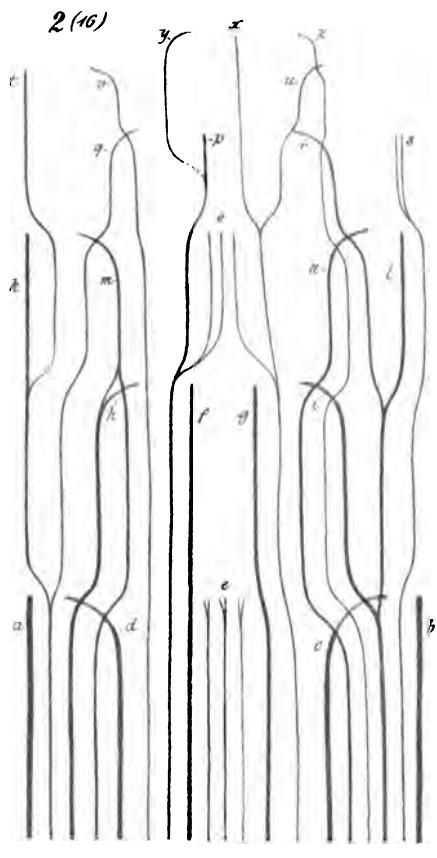


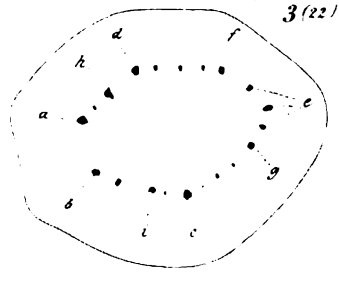
1, 2 Lathyrus. 3–8 Aristolochia.

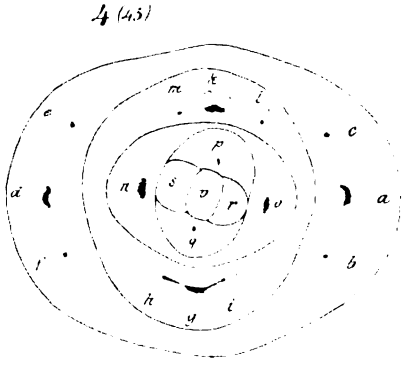
Digitized by Google

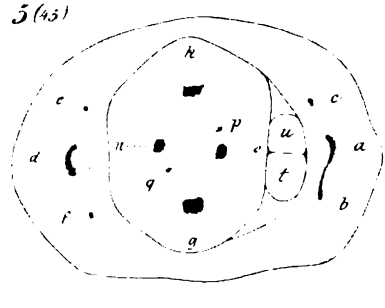
Digitized by Google







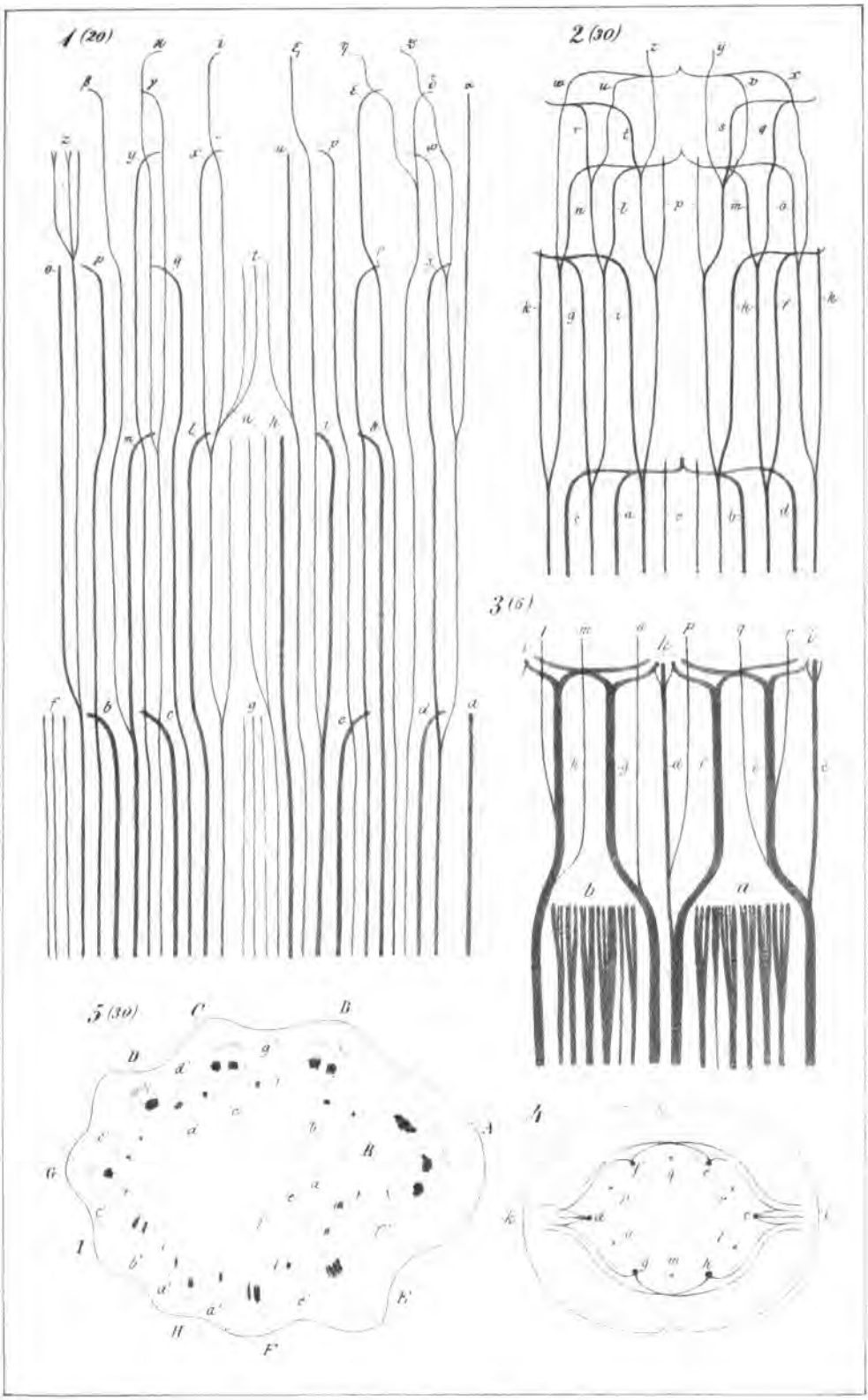




1-3. Ampelopsis. 4-5 Alsine.

Digitized by Google

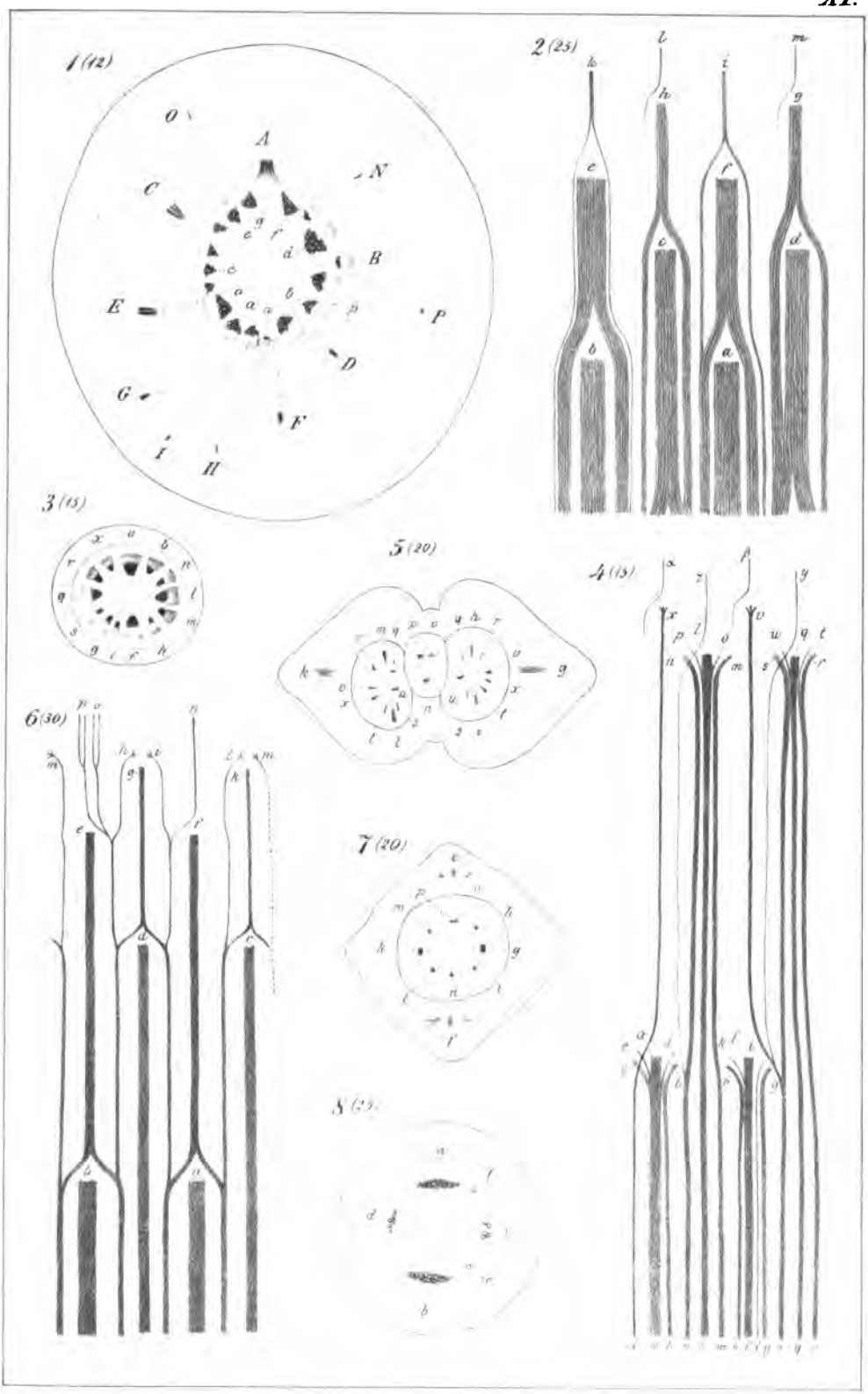
Digitized by Google



1 Vitis. 2-4 Phaseolus. 5 Platanus.

Digitized by Google

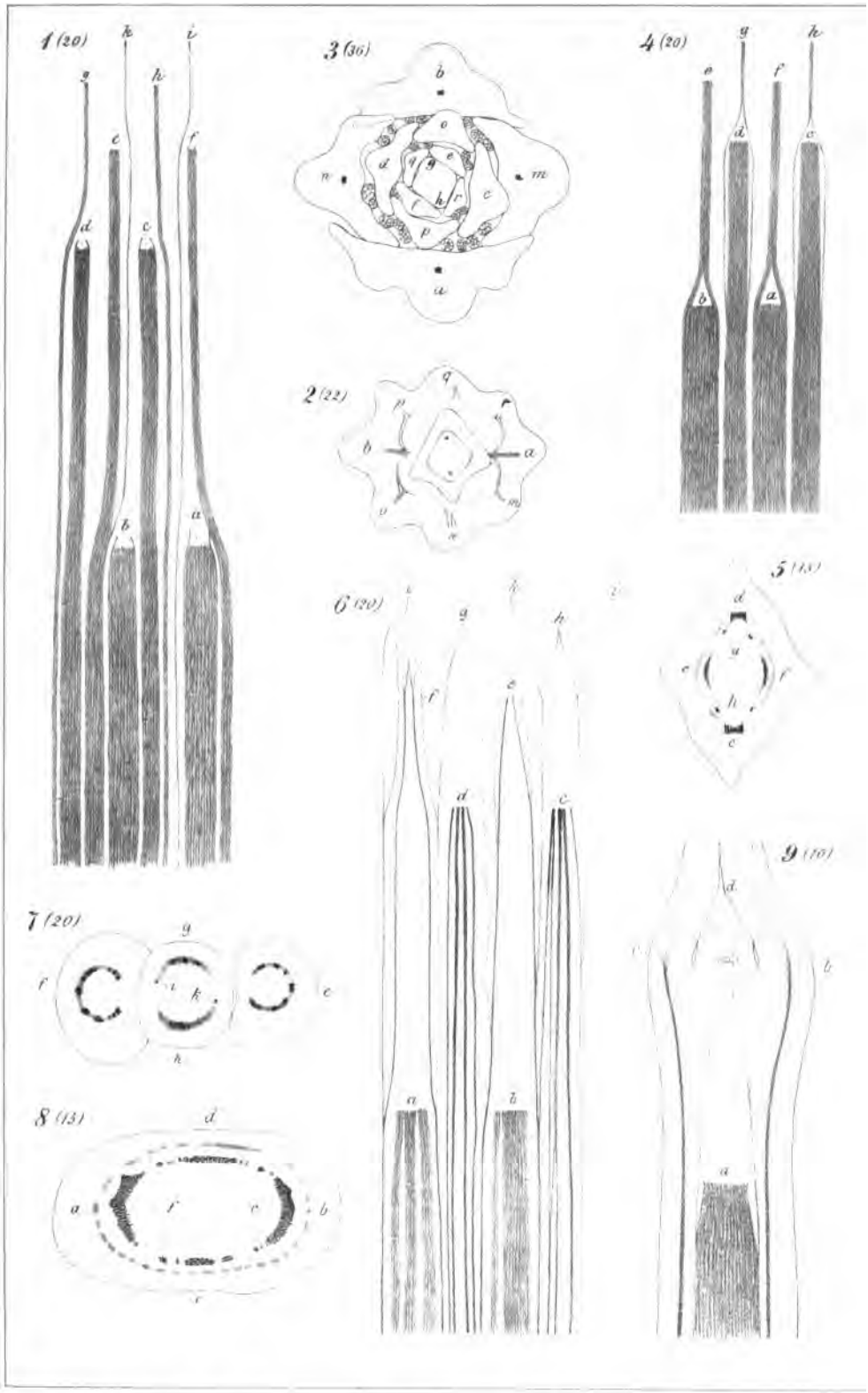
Digitized by Google



1 Menyanthes. 2 Dianthus. 3, 4 Spergula. 5-7 Cerastium. 8 Viola.

Digitized by Google

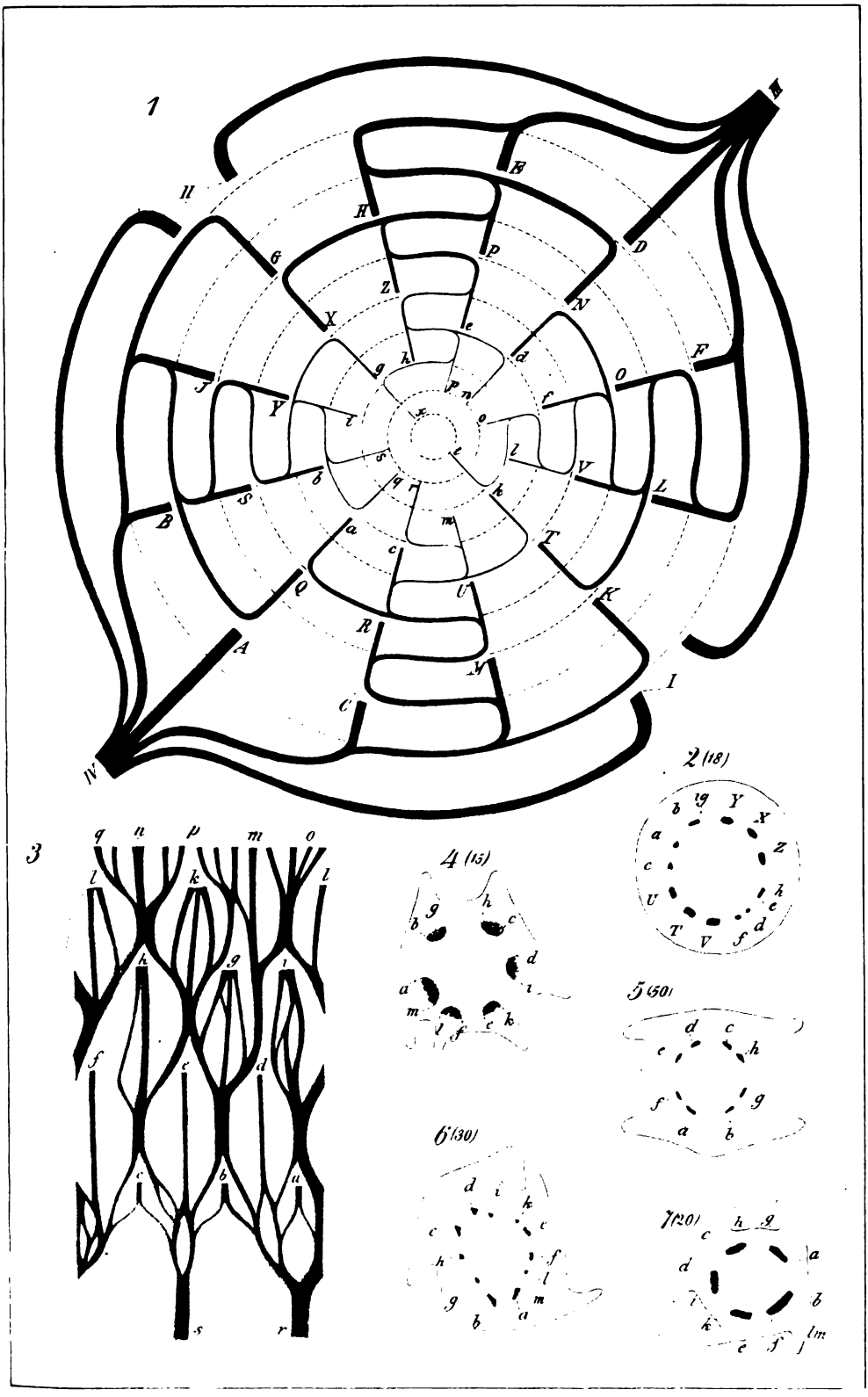
Digitized by Google



1-3 Galium. 4, 5 Hypericum. 6 Tecoma. 7, 8 Bignonia. 9 Fraxinus

Digitized by Google

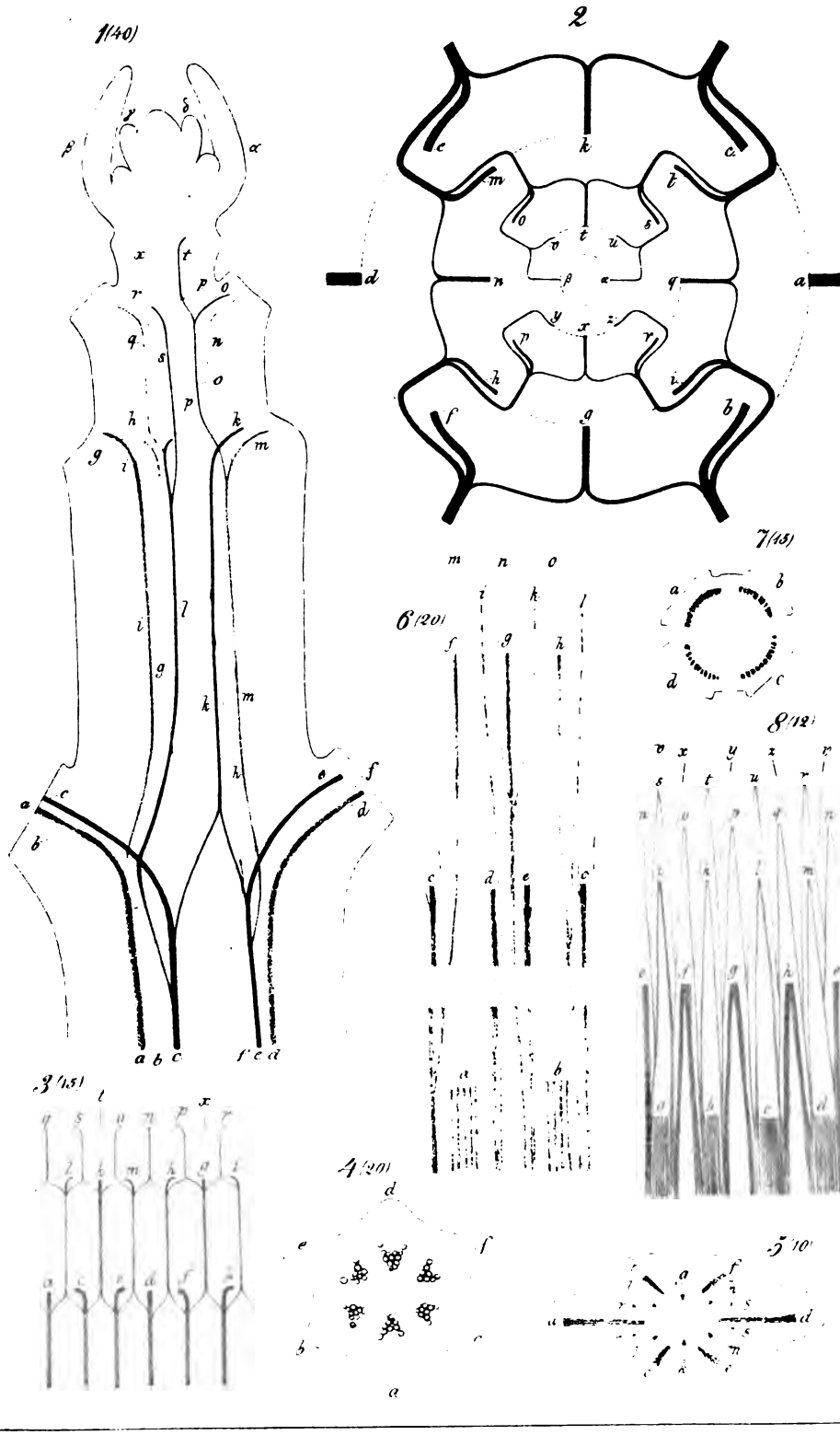
Digitized by Google



1-3 Antirrhinum. 4-7 Anagallis.

Digitized by Google

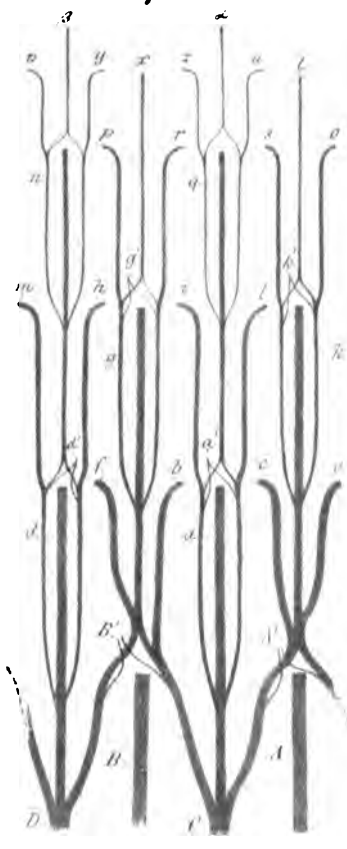
Digitized by Google

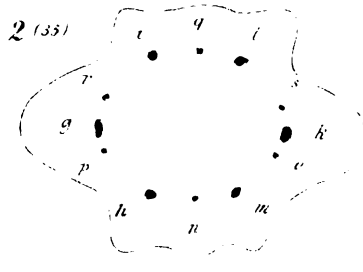


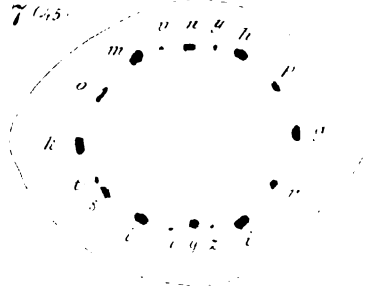
1–5 Clematis. 6–8 Russelia.

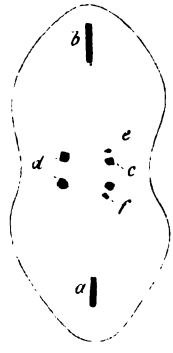
Digitized by Google

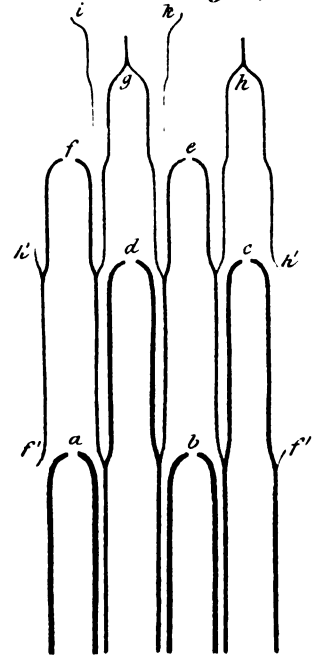
Digitized by Google

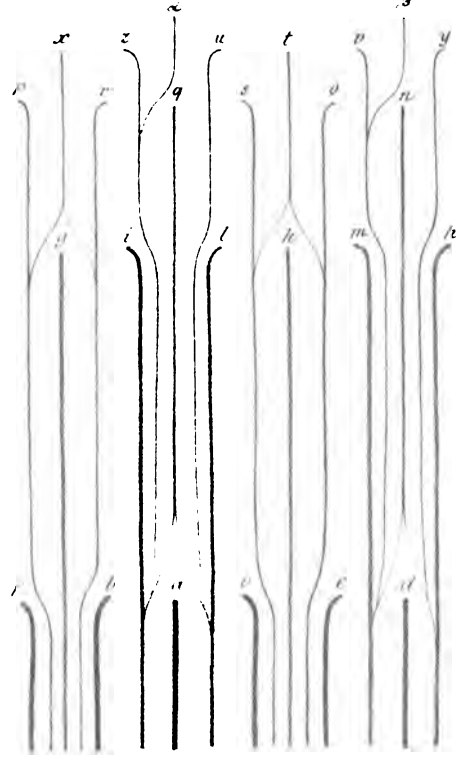








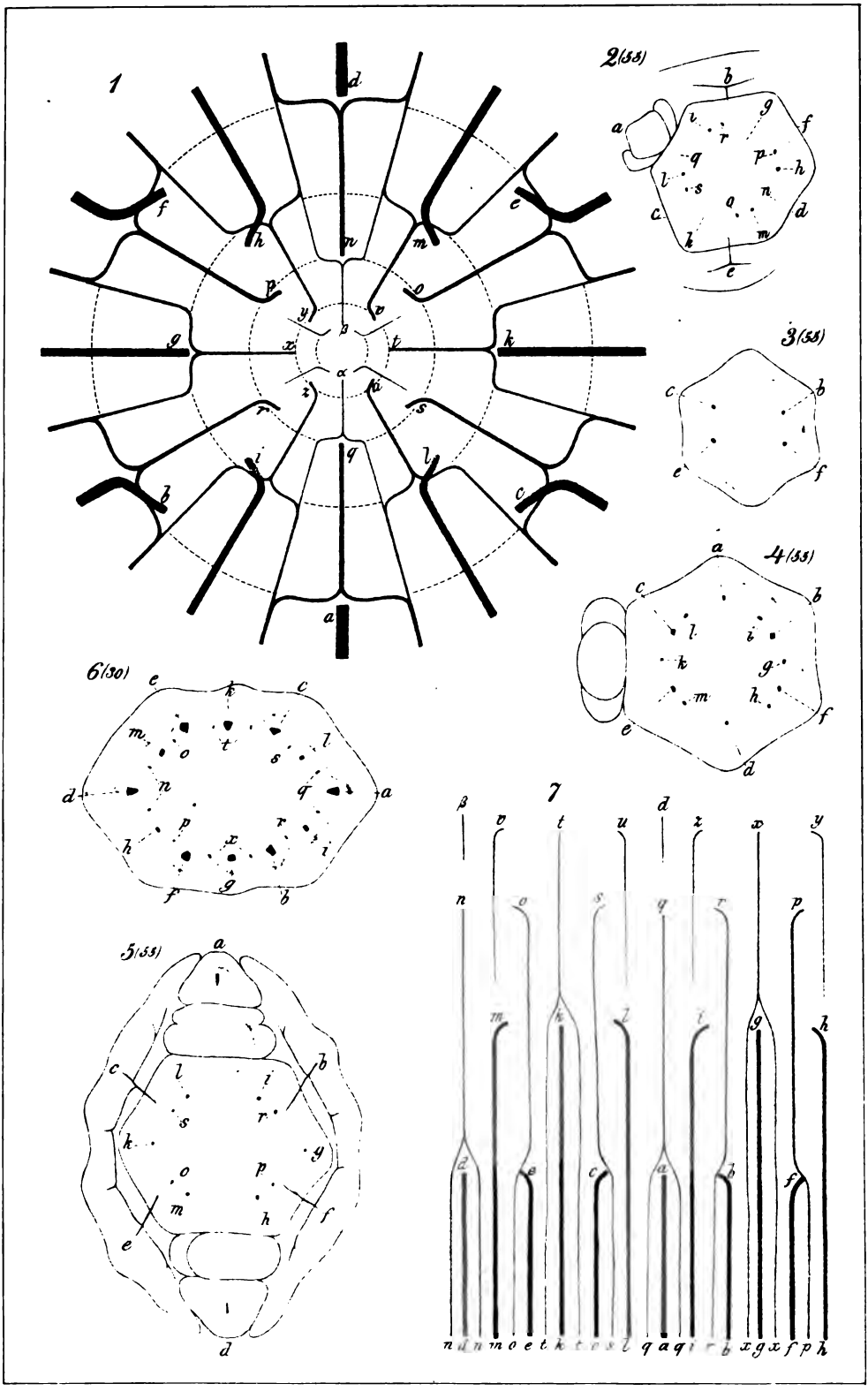




1, 2 Urtica. 3–5 Stachys. 6, 7 Lonicera.

Digitized by Google

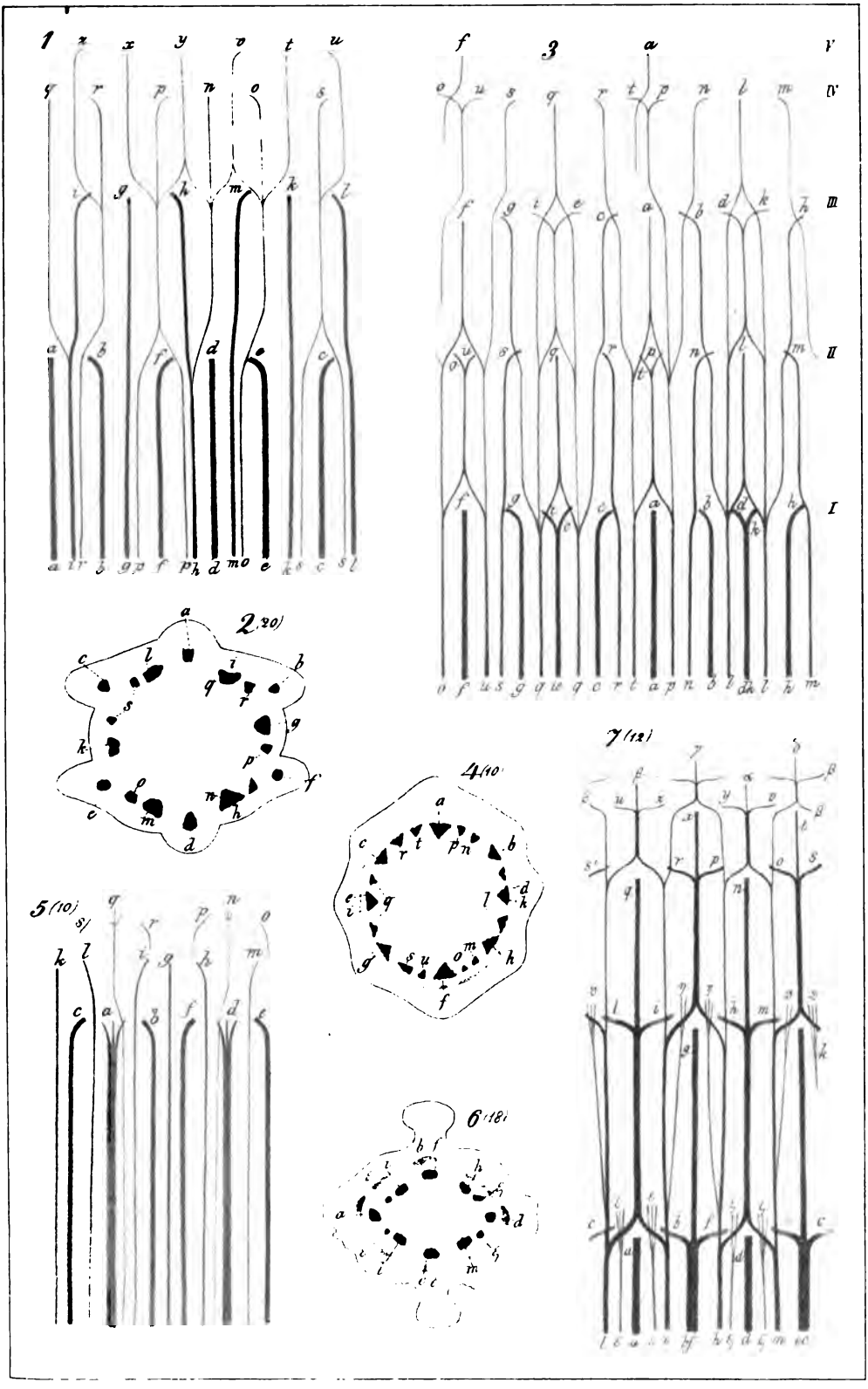
Digitized by Google



1 Centranthus. 2–5 Humulus. 6, 7 Acer.

Digitized by Google

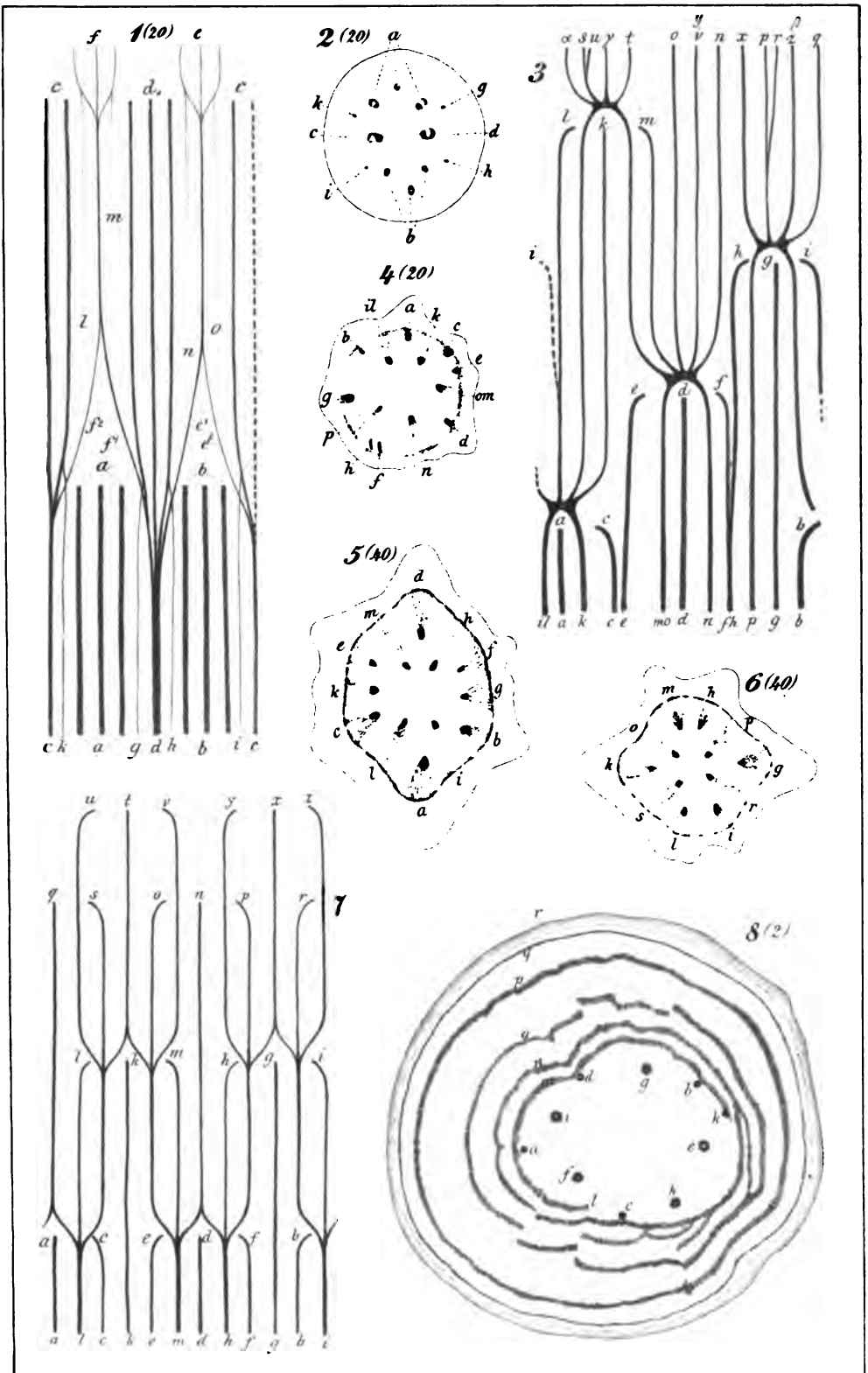
Digitized by Google



1,2 Tagetes. 3,4 Sambucus. 5 Aesculus. 6,7 Mercurialis.

Google

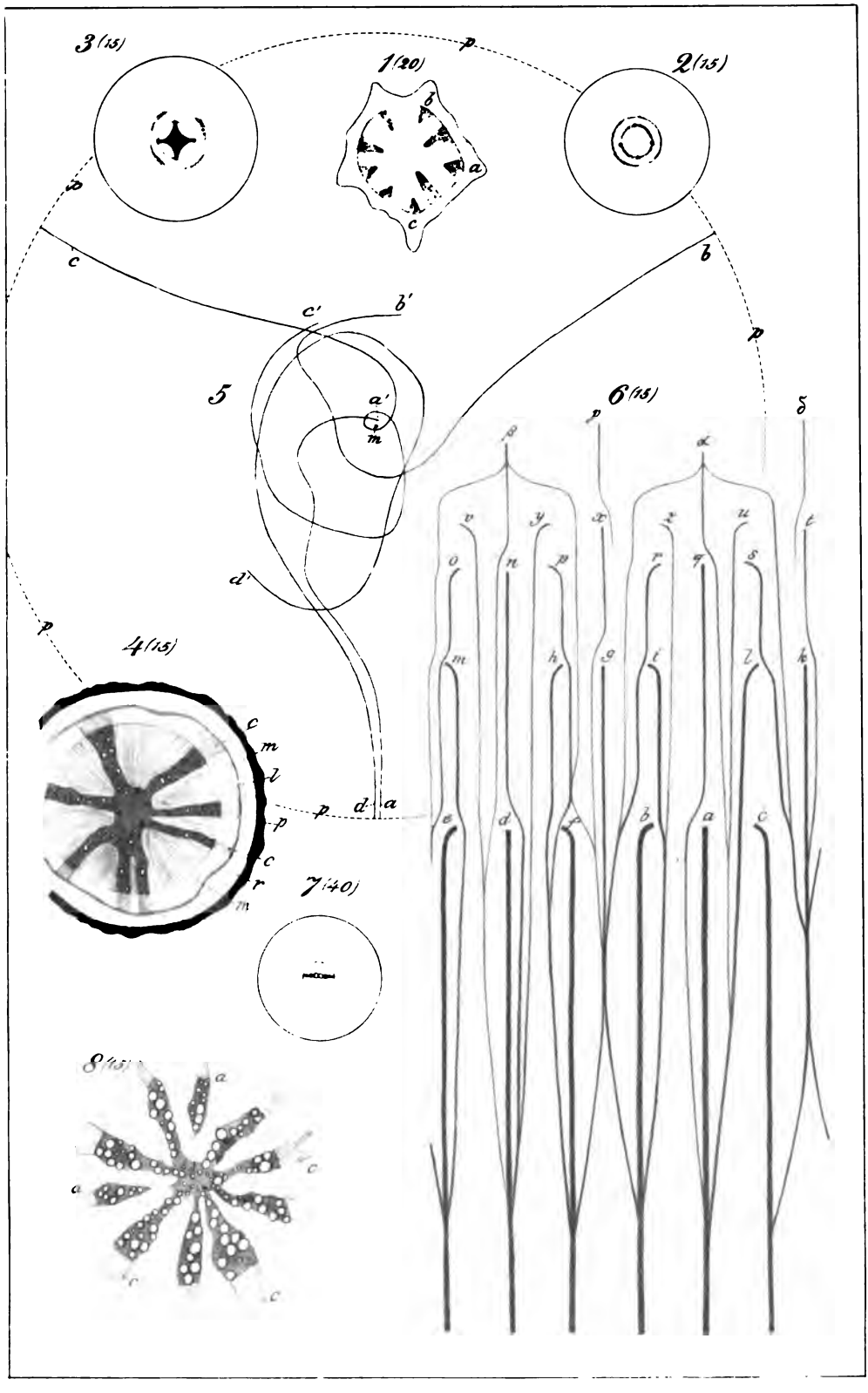
Digitized by Google



1-2. Pisonia. 3-7. Dioscorea. 8. Phytolacca.

Digitized by Google

Digitized by Google



1 Dioscorea. 5 Chamaedorea. 6 Euphorbia. 2-4 Cocculus *(Wurzel.)*
7,8 Phytolacca *(Wurzel.)*

Digitized by Google

Digitized by Google

DIGEST OF THE

LIBRARY REGULATIONS.

No book shall be taken from the Library without the ord of the Librarian.

No person shall be allowed to retain more than five vol- nes at any one time, unless by special vote of the Council.

Books may be kept out one calendar month; no longer ithout renewal, and renewal may not be granted more than wice.

A fine of five cents per day incurred for every volume not eturned within the time specified by the rules.

The Librarian may demand the return of a book after the xpiration of ten days from the date of borrowing.

Certain books, so designated, cannot be taken from the ibrary without special permission.

All books must be returned at least two weeks previous o the Annual Meeting.

Each member is responsible for all injury or loss of books harged to his name.

Digitized by Google

Bei **Wilhelm Engelmann** in Leipzig erschien ferner:

Handbuch
der Medicinisch-pharmaceutischen Botanik
und botanischen Pharmacognosie

von

M. J. Schleiden, Dr.

Prof. in Jena.

2 Theile. Mit 318 Figuren in Holzschnitt. gr. 8. brosch. 5 Thlr. 10 Ngr.

1. Thl.: Handbuch der Medicinisch-pharmaceutischen Botanik. 1852. 2 Thlr. 20 Ngr.
2. - Handbuch der botanischen Pharmacognosie für Aerzte, Apotheker und Botaniker. 1857. 2 Thlr. 20 Ngr.

Betrachtungen
über die Erscheinungen der Verjüngung in der Natur
insbesondere der Lebens- und Bildungsgeschichte
der Pflanze.

Von

Dr. Alex. Braun,

Prof. in Berlin.

Mit 3 illum. Tafeln. gr. 4. 1851. br. 3 Thlr.

Algarum unicellularium
genera nova et minus cognita
praemissis observationibus de Algis unicellularibus in genere.

Auctore

Dr. Alex. Braun,

Botanices in univ. Berol. Prof.

Cum tabb. VI. lithogr. 4 maj. 1855. br. 3 Thlr.

PHYTOCHEMIE

von

Dr. Friedr. Rochleder,

Prof. in Prag.

gr. 8. broschirt. 2 Thlr. 7½ Ngr.

Die Versteinerungen
der Steinkohlenformation in Sachsen.

Von

Dr. H. B. Geinitz,

Prof. der Mineralogie und Geognosie an der k. Polytechn. Schule zu Dresden.

Mit 36 in Farben gedruckten u. lithogr. Tafeln. gr. Fol. 1855. In Mappe. 20 Thlr.

Radlkofer, Dr. Ludw., Die Befruchtung der Phanerogamen. Ein Beitrag zur Entscheidung des darüber bestehenden Streites. Mit 3 lithogr. Tafeln. gr. 4. brosch. 1 Thlr. 10 Ngr.

—— **Der Befruchtungsprocess im Pflanzenreich** und sein Verhältniss zu dem im Thierreich. 8. brosch. 22½ Ngr.

—— **Ueber das Verhältniss der Parthenogenesis zu andern Fortpflanzungsarten.** 8. 1858. brosch. 12 Ngr.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

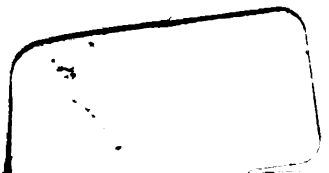
N13

Nageli
Beitrage zur wissen-
schaftlichen botanik

3370
N13

DATE	ISSUED TO

GAYLORD



Digitized by Google

Digitized by Google

N13

3370
Nageli
N13
Beitrage zur wissen-
schaftlichen botanik

DATE | ISSUED TO

GAYLORD

Digitized by Google

Digitized by Google